RAPPORT DE RECHERCHE

CONCEPTION DE JOINTS DURABLES ENTRE LES FENÊTRES ET LES MURS

PROGRAMME DE SUBVENTIONS DE RECHERCHE

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

SCHL—Au cœur de l'habitation

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est au cœur de l'habitation. Toutes ses activités visent à aider les Canadiens et les Canadiennes à vivre dans un logement sûr à tout point de vue.

À titre d'organisme national responsable du logement, la SCHL joue un rôle important dans le secteur canadien de l'habitation. Elle propose de nouvelles façons de financer l'achat des maisons. Elle favorise l'innovation dans le domaine de la technologie et de la conception des habitations. Grâce à son assurance prêt hypothécaire, elle aide les Canadiens et les Canadiennes à réaliser leur rêve et à posséder leur propre maison.

Les Canadiens et les Canadiennes tirent avantage de la collaboration de la SCHL avec ses partenaires des secteurs public, privé et sans but lucratif en vue d'améliorer la qualité et l'accessibilité des logements et de faire en sorte qu'ils soient plus abordables, partout au pays.

L'aide accordée par la SCHL permet aux ménages à faible revenu, aux aînés, aux personnes handicapées et aux Autochtones de vivre dans des logements convenables et abordables. La SCHL crée des emplois pour les Canadiens et les Canadiennes dans le domaine des produits et services en aidant le secteur de l'habitation à exporter ses connaissances et ses compétences dans d'autres pays.

Les recherches de pointe effectuées par la SCHL améliorent la qualité des logements et font en sorte que ceux-ci soient plus abordables. Afin d'aider les Canadiens et les Canadiennes à tirer profit de son savoir-faire dans le domaine de l'habitation et à prendre des décisions éclairées, la SCHL est devenue le plus important éditeur canadien de publications portant sur le logement. Elle possède également la collection la plus complète de documents sur l'habitat.

Les Canadiens et les Canadiennes peuvent avoir facilement accès à nos informations par l'entremise des points de vente et des bureaux régionaux de la SCHL.

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone :
1 800 668-2642 [à l'extérieur du Canada : (613) 748-2003]
ou par télécopieur : (613) 748-4069.
Pour nous joindre en direct, visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : www.cmhc-schl.gc.ca

La Société canadienne d'hypothèques et de logement appuie la politique du gouvernement fédéral sur l'accès à l'information pour les personnes handicapées. Si vous désirez obtenir la présente publication en des médias substituts, composez le 1 800 668-2642.

CONCEPTION DE JOINTS DURABLES

ENTRE LES FENÊTRES ET LES MURS

Préparé pour: Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, Chemin de Montréal
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

À l'attention de: M. Jacques Rousseau

Dossier no.: 97E05-0

Date: Le 14 juillet 1999

Approuvé par:

Mario V. Petrone, Arch.

Armand Patenaude, ing., M.Sc.A.

Cette étude fût conduite par Air-Ins Inc. pour la Société Canadienne d'Hypothèque et de Logement aux termes de la partie V de la Loi Nationale de l'Habitation. Les analyses, interprétations et recommandations sont celles du consultant et ne représentent pas nécessairement les opinions de la Société Canadienne d'Hypothèque et de Logement et de ses divisions qui ont aidé à la réalisation de cette étude.

100-07447/

REMERCIEMENTS

Ce projet de recherche et développement est une réalisation conjointe du Groupe Petrone et de Air-Ins Inc. Ensemble, nous avons réussi à créer un document pratique pour les concepteurs, en leur permettant de réaliser et de décider de façon scientifique et technique la liaison entre une fenêtre et un mur. Nous vous remercions de votre collaboration durant cette étude, en espérant que celle-ci sera des plus utiles.

SOMMAIRE EXÉCUTIF
EXPOSÉ DU PROBLÈME

De mauvais détails de liaison entre une fenêtre (porte) et le gros œuvre entraînent de nombreux problèmes dont les plus importants sont:

- la pénétration de pluie au périmètre de la fenêtre;
- l'infiltration ou l'exfiltration d'air au pourtour du dormant de la fenêtre;
- la condensation superficielle sur les composantes intérieures du dormant de la fenêtre.

Les problèmes énoncés ci-haut entraînent:

- une détérioration des finis intérieurs (pelage de la peinture et des vernis, soulèvement des finis de plancher, moisissure, pourriture, etc.);
- une dégradation des composantes de l'enveloppe du bâtiment (corrosion des ancrages, perte des propriétés structurales pour les matériaux hygroscopiques (bois, placoplâtre), pourriture du bois ou rouille de l'acier);
- la présence de moisissure et de danger d'infection des occupants;
- la réduction des propriétés d'isolation thermique des matériaux provoquant ainsi une augmentation de la consommation énergétique pour les fins de chauffage et/ou de climatisation;
- de nombreux inconvénients pour l'occupant qui vit dans un tel bâtiment (inquiétude, entretien fréquent, inconfort, etc...);
- une augmentation de la transmission des bruits externes vers l'intérieur du bâtiment dû à la mauvaise étanchéité de la liaison.

De façon générale les causes de ces problèmes sont principalement dues à la conception et à la réalisation des joints ou de l'interface entre les composants.

LE PROJET

Étant donné la multitude des joints permettant la liaison des fenêtres versus le gros œuvre des bâtiments, la grande variété de menuiserie (PVC, aluminium, bois, fibre de verre, hybrides), des parements (brique, panneau de béton préfabriqué, système d'isolation thermique extérieur), des murs de fond (ossature d'acier, de bois, bloc de béton, etc.) et des structures (bois, acier, béton), il devient primordial d'établir un processus de conception fiable pour l'ensemble des choix à faire afin d'obtenir des joints efficaces et durables. La présente étude vise donc à établir les bases de conception des joints "fenêtres versus gros œuvre" dans le but d'assurer le maintien des performances de l'enveloppe du bâtiment.

Nous présentons cette étude en deux parties: la première met en application les résultats des données théoriques pour différentes conceptions de mur, alors que la deuxième partie donne la démarche scientifique qui est utilisée pour définir les paramètres nécessaires à la compréhension de l'installation des fenêtres.

La partie 1 traite de l'installation des fenêtres pour 3 cas spécifiques, soient:

- **Exemple # 1:**
  Bâtiment commercial, 2 étages
  Structure d'acier
  Revêtement de maçonnerie
  Fenêtre fixe en aluminium
  Colombages d'acier

- **Exemple #2:**
  Bâtiment résidentiel, 6 étages
  Structure de béton
  Revêtement de ciment acrylique sur isolation
  Fenêtre à battant de PVC
  Colombages d'acier

-

Exemple #3:
Bâtiment résidentiel, 3 étages
Structure de bois
Revêtement de maçonnerie
Fenêtre coulissante en aluminium

Les détails d'exécution présentés pour chacun des exemples satisfont les exigences de base de la science du bâtiment.

La partie 2 traite d'une façon détaillée les principales variables à considérer pour définir une bonne installation. Parmi les paramètres étudiés, celui de la détermination de la largeur du joint de mastic requise entre la fenêtre et le gros œuvre est tout particulièrement développé en détail.

Ainsi, la largeur du joint requise est établie en fonction de: les tolérances de fabrication de la fenêtre, les tolérances d'installation de la fenêtre, les tolérances de construction du gros œuvre, les différents types de menuiserie (bois, PVC, aluminium, fibre de verre) de la fenêtre, la capacité de mouvement des différents mastics, les conditions climatiques d'intérêts et les types de joints visés ("fenêtre versus mur de fond" ou "fenêtre versus parement").

EXECUTIVE SUMMARY
PRESENTATION OF THE PROBLEM

Poor bonding details between a window (door) and the building shell cause many problems, the most significant of which are:

- rain penetration around the window;
- air infiltration or exfiltration around the window frame; and
- superficial condensation on the interior components of the window frame.

The problems stated above result in:

- a deterioration of interior finishes (peeling of paint and varnishes, lifting of floor finishes, mould, rotting, etc.);
- a degradation of the building envelope components (corrosion of anchors, loss of structural properties for hygroscopic materials (wood, drywall), rotting of wood or rusting of steel);
- the presence of mould and a danger of infection for the occupants;
- a reduction in the thermal insulation properties of the materials, leading to greater energy consumption for heating and air conditioning;
- many drawbacks for the occupants of such a building (worry, frequent maintenance, discomfort, etc.); and
- an increase in the transmission of external noises towards the interior of the building due to the poor airtightness of the bond.

In general, the causes of the problems are mainly due to the design and production of the joints or the interface between the components.

THE PROJECT

Given the multitude of joints that allow for the bonding of windows to building shells, the great variety of fittings (PVC, aluminum, wood, fibreglass, hybrids), claddings (brick, prefabricated concrete panel, exterior thermal insulation system), foundation walls (steel or wood frame, concrete block, etc.) and structures (wood, steel, concrete), it becomes essential to establish a reliable design process for all possible choices in order to obtain effective and durable joints. This study is therefore aimed at establishing design basics for "window to building shell" joints in view of ensuring that building envelope performances are maintained.

We are presenting this study in two parts: the first applies the results of theoretical data for different wall designs, while the second part provides the scientific process used to define the parameters required to understand the installation of windows.

Part 1 deals with the installation of windows for three specific cases:

- **Example #1**
  Commercial building, 2 storeys
  Steel structure
  Masonry cladding
  Fixed aluminum window
  Steel studs

- **Example #2**
  Residential building, 6 storeys
  Concrete structure
  Acrylic cement cladding on insulation
  PVC shutter windows
  Steel studs

- **Example #3**
  Residential building, 3 storeys
  Wood structure
  Masonry cladding
  Aluminum sliding windows

The construction details presented for each example meet basic building science requirements.

Part 2 details the principal variables to be considered to define a good installation. Among the parameters studied, that of determining the width of the mastic joint required between the window and the building shell is particularly developed in detail.

In fact, the required joint width is established on the basis of the following factors: the window manufacturing tolerances, the window installation tolerances, the building shell construction tolerances, the different types of window fittings (wood, PVC, aluminum, fibreglass), the movement capacity of the different mastics, the climatic conditions of interest and the types of joints involved ("window to foundation wall" or "window to cladding").

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS

Chapitre 1 **INTRODUCTION**
Les objectifs de cette publication

Chapitre 2 **LES PROBLÈMES**
Les problèmes que causent une mauvaise liaison entre les fenêtres et les murs.

Chapitre 3 **PARAMÈTRES DE DESIGN POUR L'INSTALLATION DES FENÊTRES**
- 3.1.1 CONCEPTION DES JOINTS ET CHOIX DES MASTICS (ANNEXE B)
- 3.2.1 LA TOLÉRANCE DE CONSTRUCTION DU PRÉ-CADRE DU GROS ŒUVRE (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.3)
- 3.2.2 LA TOLÉRANCE DE FABRICATION DES PORTES ET FENÊTRES (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.4)
- 3.3.1 MOUVEMENTS DIFFÉRENTIELS DU DORMANT D'UNE FENÊTRE PAR RAPPORT AU PAREMENT ET AU MUR DE DOND, (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.5)
- 3.3.2 MOUVEMENTS DIFFÉRENTIELS DU DORMANT D'UNE FENÊTRE PAR RAPPORT AU MUR DE FOND (POINT DE RÉFÉRENCE "R"; (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.5.3)
- 3.4.1 VARIATIONS DIMENSIONNELLES ENTRE UNE FENÊTRE ET LE GROS ŒUVRE; (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.5.3)
- 3.4.2 VARIATIONS DIMENTIONNELLES DU DORMANT D'UNE FENÊTRE; (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.5.4)
- 3.5.1 DIMENSIONS DU JOINT PÉRIPHÉRIQUE ENTRE UNE FENÊTRE ET LE GROS ŒUVRE (APPLICATION DANS 4 CAS); (VOIR ANNEXE C, SECTION 3.0)
- 3.6.1 LE CALAGE ET L'ANCRAGE
- 3.7.1 L'ISOLATION ENTRE LE GROS ŒUVRE ET LA FENÊTRE

Chapitre 4 **APPLICATION**
- 4.1.1 Exemple #1
- 4.2.1 Exemple #2
- 4.3.1 Exemple #3

Chapitre 5 **CONCLUSION**

Annexe A **THÉORIE SUR LES MASTICS**
- a) Les causes générales de fissuration
- b) Conception, devis technique et mise en oeuvre des joints de mastic
- c) Propriétés des différents mastics

Annexe B **CONCEPTION DE L'OUVERTURE (OU PRÉ-CADRE)**

a) Calcul du mouvement différentiel entre la fenêtre et le pré-cadre
b) Tableaux des dimensions du jeu périphérique minimal
c) Définition du jeu périphérique versus choix du mastic
d) Préparation de l'étanchéité à l'air au pourtour de l'ouverture

Annexe C **INSTALLATION DE LA FENÊTRE**

a) Règles de positionnement, d'ancrage et de calage des fenêtres
b) Installation des fenêtres pour:
cas no.1
cas no.2
cas no.3

BIBLIOGRAPHIE

"Installation des portes et fenêtres", Norme canadienne en voie de réalisation, CAN/CSA-A440.4. Première édition prévue, fin 1997.

"Guide technique pour l'installation des fenêtres de remplacement", A. Patenaude, Juin 1993.

"Exterior Insulation Finish System", SCHL, Janvier 1995.

"Standard Practice for Installation of Windows and Doors", ASTM E06.51.11, Draft 7.2, May 17, 1997.

"Reduced Tension Sealant Systems: EIFS Joint Design Properties and Lamina Stresses Initiating Substrate Failure", K. Baerveldt, (Demander à J. Rousseau)

"Les Joints et leur géométrie", Cahier 2840, Cahiers du CSTB, Jean Lugy, Octobre 1995.

"Conséquences des variations dimensionnelles des matériaux sur leur état mécanique et celui des ouvrages, Cahier 2732, Cahiers du CSTB, Jean Lugy, Août 1994.

"Fissures, mouvements et joints dans les bâtiments", NRCC 15477F, Conseil national de recherches Canada, C.B. Crawford, Avril 1983.

"Les défauts de la constructions, prévention, diagnostic et remèdes des principales pathologies de la construction", éditeur: De Boeck - Wesmail, Lyall Addleson, Troisième édition, 1993.

"Les joints dans le bâtiment", éditions Eyrolles, Bruno Dal Cin, 1971.

"L'installation des portes et fenêtres", Collection "constructeurs", SCHL, 1995.

"Handbook of Construction tolerances", Editeur: McGraw-Hill, auteur: David Kent Ballast, 1994.

Chapitre 1

INTRODUCTION

Les objectifs de cette publication

L'efficacité et la durabilité des joints entre les diverses composantes de l'enveloppe des bâtiments constituent généralement les premières sources d'inquiétudes et/ou de problèmes pour les concepteurs, les constructeurs et les propriétaires. Ces joints sont trop souvent le lieu de prédilection des premières déficiences des bâtiments.

Étant donné la multitude des joints permettant la liaison des fenêtres versus le gros oeuvre des bâtiments, la grande variété de menuiserie (PVC, aluminium, bois, fibre de verre, hybrides), des parements (brique, panneau de béton préfabriqué, système d'isolation thermique extérieur), des murs de fond (ossature d'acier, de bois, bloc de béton, etc.) et des structures (bois, acier, béton), il devient primordial d'établir un processus de conception fiable pour l'ensemble des choix à faire afin d'obtenir des joints efficaces et durables. La présente étude vise donc à établir les bases de conception des joints "fenêtres versus gros oeuvre".

La conception des joints sera réalisée en fonction des paramètres de performance habituels de la science du bâtiment, soit:

L'étanchéité à l'air
La résistance à la pénétration d'eau de pluie
La résistance aux charges externes (vent, mouvements différentiels)
La résistance à la condensation superficielle
La résistance à la transmission de chaleur
La résistance à la transmission du bruit
La résistance à la diffusion de la vapeur d'eau
La résistance aux ultraviolets
La résistance aux polluants extérieurs

Le maintien des performances (durabilité) des joints visés par cette étude est d'atteindre une période équivalente à la durée de vie de l'enveloppe du bâtiment, soit une durée supérieure à 25 ans. Cette étude traite donc des points suivants:

- Les principaux problèmes (causes et effets associés aux techniques actuelles de conception et de construction des murs);
- Les mouvements différentiels entre le dormant et le gros oeuvre;
- Des techniques d'ancrage et de calage des fenêtres en fonction du type de menuiserie (PVC, aluminium et bois);

- Conception des joints et du mastic;
- Jeux périphériques entre le dormant et le gros oeuvre;
- Isolation thermique de la liaison dormant et gros oeuvre.

Nous présentons cette étude en deux parties: la première met en application les résultats des données théoriques, la deuxième est la démarche scientifique qui est utilisée pour définir les paramètres de design nécessaires à la compréhension de l'installation des fenêtres.

Dans la première partie nous présentons trois exemples de fenêtres, permettant au concepteur de mettre en pratique le résultat des études qui se trouvent en annexe.

Chapitre 2

LES PROBLÈMES

Les problèmes que causent une mauvaise liaison entre les fenêtres et les murs.

De mauvais détails de liaison entre une fenêtre et le gros oeuvre entraînent de nombreux problèmes dont les plus importants sont:

- la pénétration de pluie au périmètre de la fenêtre;
- l'infiltration ou l'expulsion d'air au pourtour du dormant de la fenêtre;
- la condensation superficielle sur les composantes intérieures du dormant de la fenêtre.

Les problèmes énoncés ci-haut entraînent:

- une détérioration des finis intérieurs (pelage de la peinture et des vernis, soulèvement des finis de plancher, moisissure, pourriture, etc.);
- une dégradation des composantes de l'enveloppe du bâtiment (corrosion des ancrages, perte des propriétés structurales pour les matériaux hygroscopiques (bois, placoplâtre),pourriture du bois ou rouille de l'acier);
- la présence de moisissure et de danger d'infection des occupants;
- la réduction des propriétés d'isolation thermique des matériaux provoquant ainsi une augmentation de la consommation énergétique pour les fins de chauffage et/ou de climatisation;
- de nombreux inconvénients pour l'occupant qui vit dans un tel bâtiment (inquiétude, entretien fréquent, inconfort, etc...);
- une augmentation de la transmission des bruits externes vers l'intérieur du bâtiment dû à la mauvaise étanchéité de la liaison.

Les causes de ces problèmes sont principalement dues à la conception et à la réalisation. Durant la phase de conception un choix de type de mur est décidé. Ce choix se fait entre un mur scellé en surface ou un mur à écran-pluvial. Le système d'étanchéité en surface est plus vulnérable aux intempéries et à la détérioration que le mur à écran-pluvial. Le choix du type de mur a une influence sur l'ensemble des détails qui en découlent. En plus, la conception des détails est essentielle à la pérennité de l'enveloppe. Dans ces détails notons particulièrement celui du solin de tête, du joint de mastic lui-même et la continuité du pare-air et d'évacuation des eaux de condensation. (Voir annexe A)

La réalisation des détails sur le chantier est un autre phénomène relié aux problèmes de pénétration d'eau. Un document simple et clair ainsi qu'une communication directe avec les ouvriers, est sans contredit le meilleur moyen d'obtenir un résultat efficace. En fait, cette étude permet au lecteur de trouver des réponses qui élimineront ces problèmes lors de l'installation de fenêtres.

Chapitre 3

PARAMÈTRES DE DESIGN POUR L'INSTALLATION DES FENÊTRES

Les joints dans un bâtiment sont très importants, ce sont eux qui font le lien entre les matériaux qui s'acquittent de fonctions différentes. Une défaillance de ces joints est égale à une défaillance d'une fonction de l'enveloppe de bâtiment. Les fonctions d'étanchéité à l'air et d'étanchéité à la vapeur d'eau sont primordiales, leur faiblesse peut vouloir dire pénétration d'eau, inconfort et détérioration majeure. De tous les joints, ceux qui composent le périmètre d'une fenêtre sont probablement les plus délicats et les plus vulnérables.

Dans ce chapitre, nous réunissons de façon succincte les principaux critères qui affectent l'installation d'une fenêtre et qui nous permettent de déterminer le type de joint périphérique et sa dimension. Pour des informations plus approfondies les annexes B et C fournissent des explications plus précises.

3.1.1 CONCEPTION DES JOINTS ET CHOIX DES MASTICS (ANNEXE B)

Les mastics fissurés sont très connus par les gestionnaires d'immeuble. Ces joints font partie de l'entretien normal et leur défaillance est reliée à la pénétration d'eau ou d'air. Est-ce normal que le scellant externe qui est soumis à toutes les tourmentes de notre climat, soit le seul matériau qui empêche l'eau ou l'air de pénétrer au travers l'enveloppe de bâtiment? Ceci nous semble incroyable.

Alors la propriété la plus importante que nous cherchons pour un mastic est son élasticité. Ensuite viennent l'adhérence, la perméabilité à l'air et à la vapeur d'eau, la cohésion, le module d'élasticité, la résistance aux intempéries et plusieurs autres critères intervenant dans le choix d'un mastic.(Voir annexe B)

De façon générale disons que le mastic doit adhérer sur deux surfaces seulement. Alors pour atteindre ce résultat un fond de joint à cellule fermée doit être utilisé. Nous pouvons aussi dire que le rapport de la largeur du joint (J) à la profondeur (P) du produit d'étanchéité est d'environ 2 à 1. Néanmoins la profondeur ne devrait jamais être inférieure à 3mm ni supérieure à 12mm. (Voir annexe B)

3.2.1 LA TOLÉRANCE DE CONSTRUCTION DU PRÉ-CADRE OU GROS OEUVRE (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.3)

La tolérance de construction du pré-cadre est relative aux différents secteurs de la construction. Les matériaux qui sont utilisés pour un mur préfabriqué en usine nécessite une tolérance très petite comparativement à du béton coulé en place. Ce concept général nous permet de prévoir une tolérance pour l'installation d'une fenêtre.

3.2.2 LA TOLÉRANCE DE FABRICATION DES PORTES ET FENÊTRES (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.4)

Tel que pour le pré-cadre, des tolérances sont acceptées pour la fabrication des fenêtres(norme A440.4). Selon la dimension des dormants, plus petite ou plus grande que 1830mm, la tolérance sera de 1,6mm ou 3,2mm. La longueur des diagonales, le voilement, la largeur et la hauteur du dormant ainsi que d'autres critères sont des points de références sur lesquels des tolérances sont déjà déterminées.

3.3.1 MOUVEMENTS DIFFÉRENTIELS DU DORMANT D'UNE FENÊTRE PAR RAPPORT AU PAREMENT ET AU MUR DE FOND; (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.5)

Afin de définir le type de joint entre le dormant d'une fenêtre et le mur de fond, il est nécessaire de définir les mouvements maximaux qui peuvent intervenir entre ces composantes. Les mouvements différentiels d'intérêts sont:

- l'appui de la fenêtre ou pré-cadre versus le parement (brique, pierre, crépis, bois, etc...)
- le dormant de la fenêtre versus le mur de fond (ossature de bois, ossature de colombages d'acier, blocs de béton, béton, etc...)
- le dormant de la fenêtre versus le parement extérieur

Les structures de bois ont un mouvement différentiel qui est principalement dû à l'humidité. dans le cas de bâtiment de 3 étages en ossature de bois; il est intéressant de voir que la partie qui diminue le plus de dimension est celle des solives de plancher qui fait tout le périmètre de l'édifice, lorsque les planchers sont construits avec des 2 x 8 ou 2 x 10. Dans le même sens lorsque le précadre est construit dans cette ossature, son différentiel de mouvement dans le temps est négligeable. Cette situation est étudiée de façon plus approfondie en annexe.

3.3.2 MOUVEMENTS DIFFÉRENTIELS DU DORMANT D'UNE FENÊTRE PAR RAPPORT AU MUR DE FOND (POINT DE RÉFÉRENCE"R"); (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.5.2)

La largeur d'un joint est relative au mouvement différentiel entre le dormant d'une fenêtre et le mur de fond. Si nous calculons le mouvement d'élongation et de rétrécissement d'une fenêtre en rapport avec la différence de température, nous obtenons une dimension qui nous permet de confirmer l'espace nécessaire pour permettre le mouvement de la fenêtre. De plus, nous devons additionner à cette valeur toute dimension provenant du mur de fond, si cela est appréciable.

Afin de contrôler ce mouvement dû au type de fenêtre (bois, aluminium, PVC, fibre de verre), ce qui touche directement la dimension du joint périphérique, il est nécessaire de contrôler la répartition de ce mouvement. Pour ce faire nous utilisons le "point de référence R" qui est: *le point par rapport auquel tous les mouvements différentiels seront calculés ou évalués entre la fenêtre (porte) et le mur de fond. Le point de référence "R" est un point réel où le mouvement différentiel entre le dormant de la fenêtre et le mur de support est nul suivant un système d'axe orthogonal (X, Y, Z)* (voir annexe C, section 2.5.2)

En se basant sur le fait que la plupart des fenêtres et des portes reposent sur des cales d'assise lors de l'installation, nous concevons que les mouvements différentiels se font à partir de l'axe Y donc des cales du seuil du dormant. Des points importants sont à considérer afin de pouvoir déterminer le point de référence R:

- La profondeur du mastic est-elle la même des deux côtés?
- Y a-t-il des cales entre les montants du dormant et le mur de fond?

Il faut considérer que l'ajout de cales périphériques a pour effet de bloquer tout allongement à ces endroits. Alors tout allongement du seuil a pour effet de pousser sur les montants des deux côtés. Cette situation peut provoquer la rupture du coin. Tout positionnement d'un ancrage au seuil doit donc être décidé de façon à minimiser les mouvements différentiels.

Lorsqu'une fenêtre est munie d'un volet à battant, il est important de considérer que la partie du côté des charnières doit être fixe et ne permettre aucun mouvement différentiel suivant l'axe horizontal. Cette situation est nécessaire afin de permettre au mécanisme un mouvement stable, indépendant des mouvements différentiels.

3.4.1 VARIATIONS DIMENSIONNELLES ENTRE UNE FENÊTRE ET LE GROS OEUVRE; (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.5.3)

Les variations dimensionnelles de l'ouverture dépendront de la nature des matériaux qui limitent cette ouverture, de l'intensité des variations de température et de la teneur en eau. À titre d'information, dans le cas d'une ouverture de 2m x 2m dans une ossature de bois l'amplitude maximale (potentielle) des variations dimensionnelles sera toujours inférieure à 0,55mm ce qui est négligeable.

3.4.2 VARIATION DIMENSIONNELLE DU DORMANT D'UNE FENÊTRE; (VOIR ANNEXE C, SECTION 2.5.4)

Cette variation dimensionnelle se calcule à partir du point de référence en tenant compte de la différence de température, de la distance à partir du point R et du coefficient de dilatation thermique linéaire des matériaux composant les dormants. Des tableaux sont disponibles en annexe ainsi que des formules permettant le calcul de cette variation. Dans le cas de gros oeuvre en colombage d'acier ou en blocs de béton, les variations sont négligeables.

3.5.1 DIMENSIONS DU JOINT PÉRIPHÉRIQUE ENTRE UNE FENÊTRE ET LE GROS OEUVRE (APPLICATIONS DANS 4 CAS); (VOIR ANNEXE C, SECTION 3.0)

Notons que le jeu périphérique minimal d'une fenêtre de bois dans un pré-cadre de bois est constant à 6mm puisqu'il n'y a théoriquement pas de mouvement différentiel entre deux éléments d'un même matériau.

De façon générale, le jeu périphérique minimal ne sera jamais inférieur à 6mm pour des raisons de mise en oeuvre. Par ailleurs, un jeu supérieur à 25mm n'est pas réalisable compte tenue de la mise en oeuvre.

Dans le cas de fenêtres en PVC, notons que la dimension du jeu varie grandement selon le type de PVC utilisé. En effet le coefficient de dilatation de ce matériau varie en fonction des additifs qui y sont intégrés. Il devient donc important d'établir cette valeur au cas par cas, selon le type de PVC prévu.

Vous trouverez dans ce qui suit les résultats d'une étude de cas concernant les dimensions des joints périphériques. Ce cas a été traité avec des menuiseries différentes (bois, aluminium, PVC et fibre de verre) afin de démontrer la variation possible. D'autres cas ont été développés dans l'annexe C.

CAS #1

Fenêtre

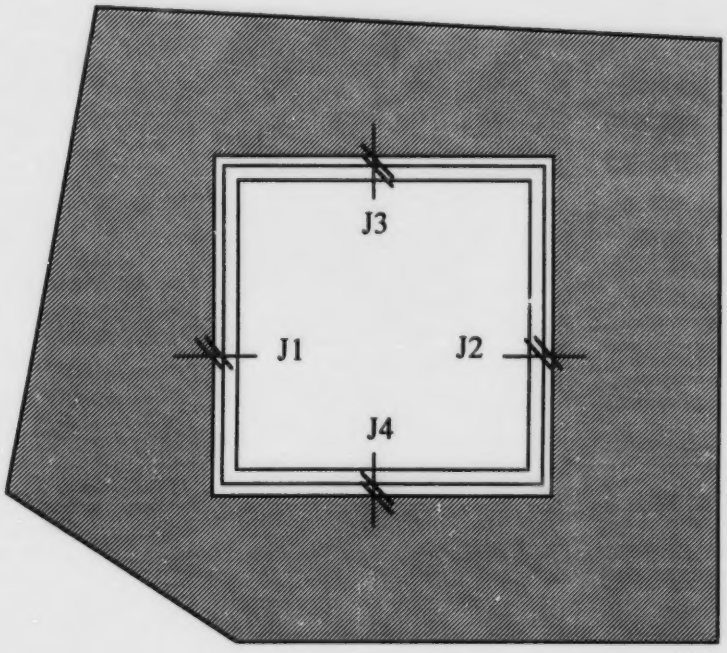
- située à Montréal
- coulissante
- dimensions 1000mm x 1600mm
- menuiserie du dormant: bois, aluminium, PVC, fibre de verre

Position de la fenêtre

- rez-de-chaussée

Bâtiment:

- ossature de bois
- parement de clin (aluminium ou PVC)
- construction neuve



Largeur des joints:

J1 et J2 = les joints latéraux = selon la norme A440.4, min.= 9,4mm, max.= 19mm
J3 au seuil et J4 à la tête = selon la norme A440.4, min.= 12,5mm, max = 22mm
Ces dimensions de joints sont dictées par la norme pour en définir l'acceptabilité esthétique. Il appartient au concepteur de définir tous ces joints en fonction de la capacité de mouvement du mastic sélectionné et pour conserver la pérennité de l'ouvrage.

Tolérances de fabrication de la fenêtre

Hauteur = 1000mm +- 1,6mm
Longueur = 1600mm +-1,6mm

Tolérances d'installation de ia fenêtre

Écart de niveau = 2mm
Équerre = < 3mm

Tolérances de construction du gros oeuvre

Hauteur de l'ouverture = 1000mm +- 6mm
Largeur de l'ouverture = 1600mm +- 6mm

Combinaison aléatoire de l'ensemble des tolérances

Tolérance horizontale= +- 6,3mm
Tolérance verticale = +- 6,5mm

Vous trouverez en annexe les calculs nécessaires pour obtenir les résultats précédents et suivants.

Vous trouverez en annexe C tous les calculs pour les tolérances précédentes.

Conclusion J bois

Nous pouvons définir que l'ouverture soit de 6mm plus grande que chacune des dimensions spécifiées pour la fenêtre. Enfin le joint pourrait avoir une largeur de +- 3mm et serait suffisant.

En faisant le calcul de la largeur du joint périphérique requis au point "C", la largeur serait beaucoup plus petite que requise dans la norme A 440.4.

Alors les joints requis par la norme sont:
J1 et J2 minimum = 9,5mm
J3 et J4 minimum = 12,5mm.

Alors les ouvertures spécifiées seront
de 1019mm et de 1625mm.

Le type de mastic peut avoir une capacité de mouvement de 10%.

Conclusion J $_{alu}$

Les joints requis par la norme sont:
J1 et J2 minimum = 9,5mm
J3 et J4 minimum = 12,5mm.

En utilisant un mastic de capacité de mouvement de 10%, la largeur des joints de J1 à J4 peut être de 15mm.

Alors les ouvertures spécifiées seront:
Hauteur = 1030mm
Largeur = 1630mm.

Conclusion J $_{pvc}$

La formulation chimique du PVC peut varier; nous avons pris une valeur moyenne (coefficient de dilatation thermique linéaire) de 60 x 10^{-6} mm/mm/°C.
Les joints requis par la norme sont:
J1 et J2 minimum = 9,5mm
J3 et J4 minimum = 12,5mm.

En utilisant un mastic de capacité de mouvement de 10%, la largeur des joints serait de 29,9mm, ce qui excède la norme maximale permise de 22mm. En utilisant un mastic de capacité de mouvement de 20% la largeur des joints serait de 16,5mm.

Alors les ouvertures spécifiées seront:
Hauteur = 1033mm
Largeur = 1633mm.

En utilisant un mastic de capacité de mouvement de 20%, la largeur des joints de J1 à J4 peut être de 16,5mm.

Alors les ouvertures spécifiées seront:
Hauteur = 1033mm
Largeur = 1633mm.

En utilisant un mastic de capacité de mouvement de 30%, la largeur des joints de J1 à J4 peut être de 12,5mm.

Alors les ouvertures spécifiées seront:
Hauteur = 1025mm
Largeur = 1625mm.

En utilisant un mastic de capacité de mouvement de 40%, la largeur des joints de J1 et J2 peut être de 10mm et celui de J3 et J4 peut être de 12,5mm.

Alors les ouvertures spécifiées seront:
Hauteur = 1025mm
Largeur = 1620mm.

Dans ce cas il n'est pas nécessaire d'utiliser un mastic de capacité de mouvement de plus de 40%, à moins d'une exigence de sécurité supplémentaire.

Conclusion J f_v

Les joints requis par la norme sont:
J1 et J2 minimum = 9,5mm
J3 et J4 minimum = 12,5mm.

En utilisant un mastic de capacité de mouvement de 10%, la largeur des joints de J1 à J4 peut être de 15mm.

Alors les ouvertures spécifiées seront:
Hauteur = 1030mm
Largeur = 1630mm.

En annexe vous trouverez trois autres cas qui démontrent des particularités différentes.

3.6.1 LE CALAGE ET L'ANCRAGE

Afin de permettre au concepteur de mettre en pratique rapidement les connaissances décrites dans notre étude, nous vous présentons ci-après des figures et des tableaux donnant la position des cales et des ancrages pour l'installation des fenêtres.

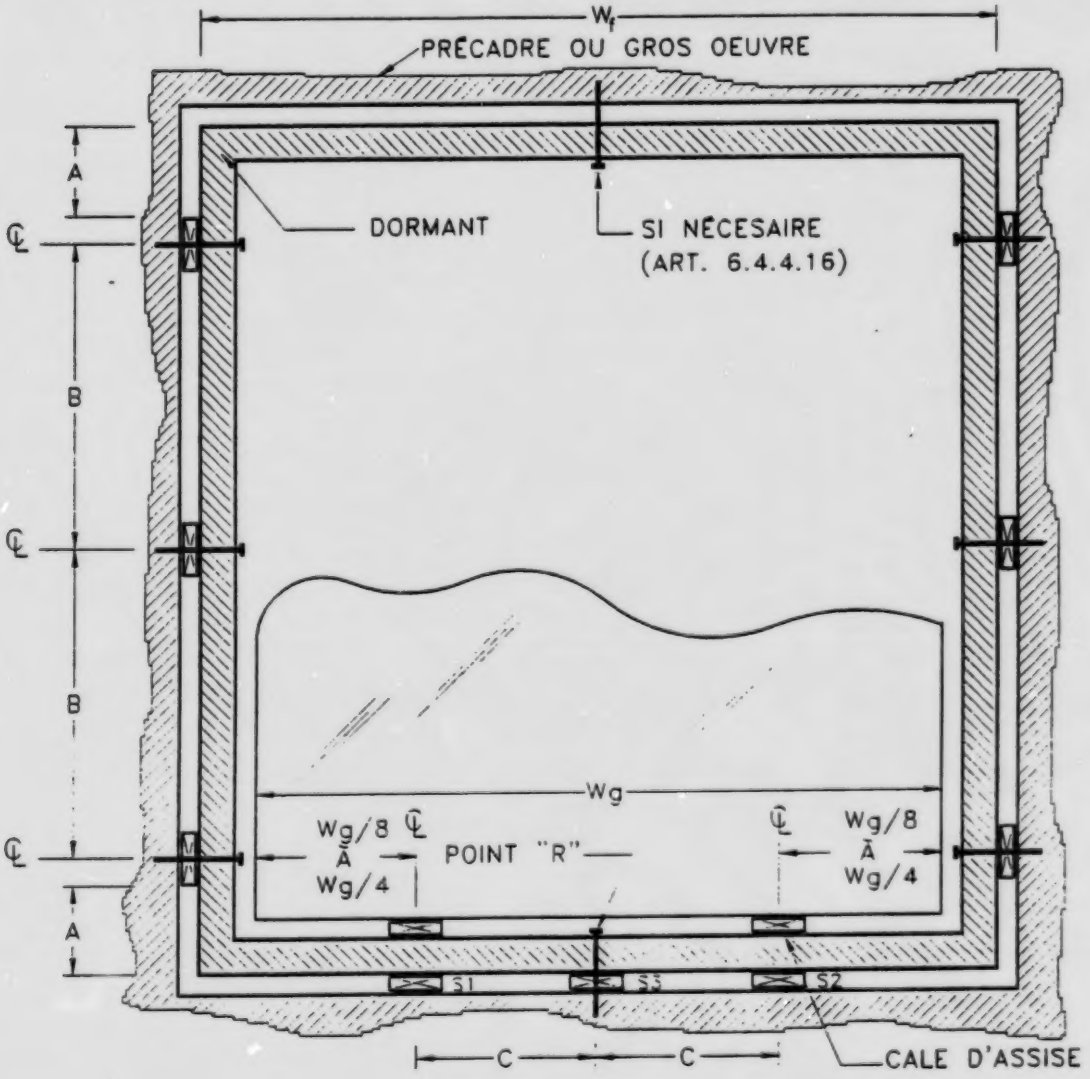
3.7.1 L'ISOLATION ENTRE LE GROS OEUVRE ET LA FENÊTRE

L'isolation thermique de l'espace entre le gros oeuvre et la fenêtre est une fonction importante dans l'ensemble d'un joint, par contre il ne faut pas confondre cette fonction d'isolation thermique avec celle d'étanchéité à l'air ou à la vapeur d'eau. Dans le mur complet comme au niveau de ce joint, les 6 fonctions de l'enveloppe sont toujours présentes et doivent être dans le bon ordre, c'est-à-dire;

1- revêtement intérieur
2- structure du mur
3- pare-vapeur
4- pare-air
5- isolation thermique
6- parement extérieur

Figure XX1

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE FIXE



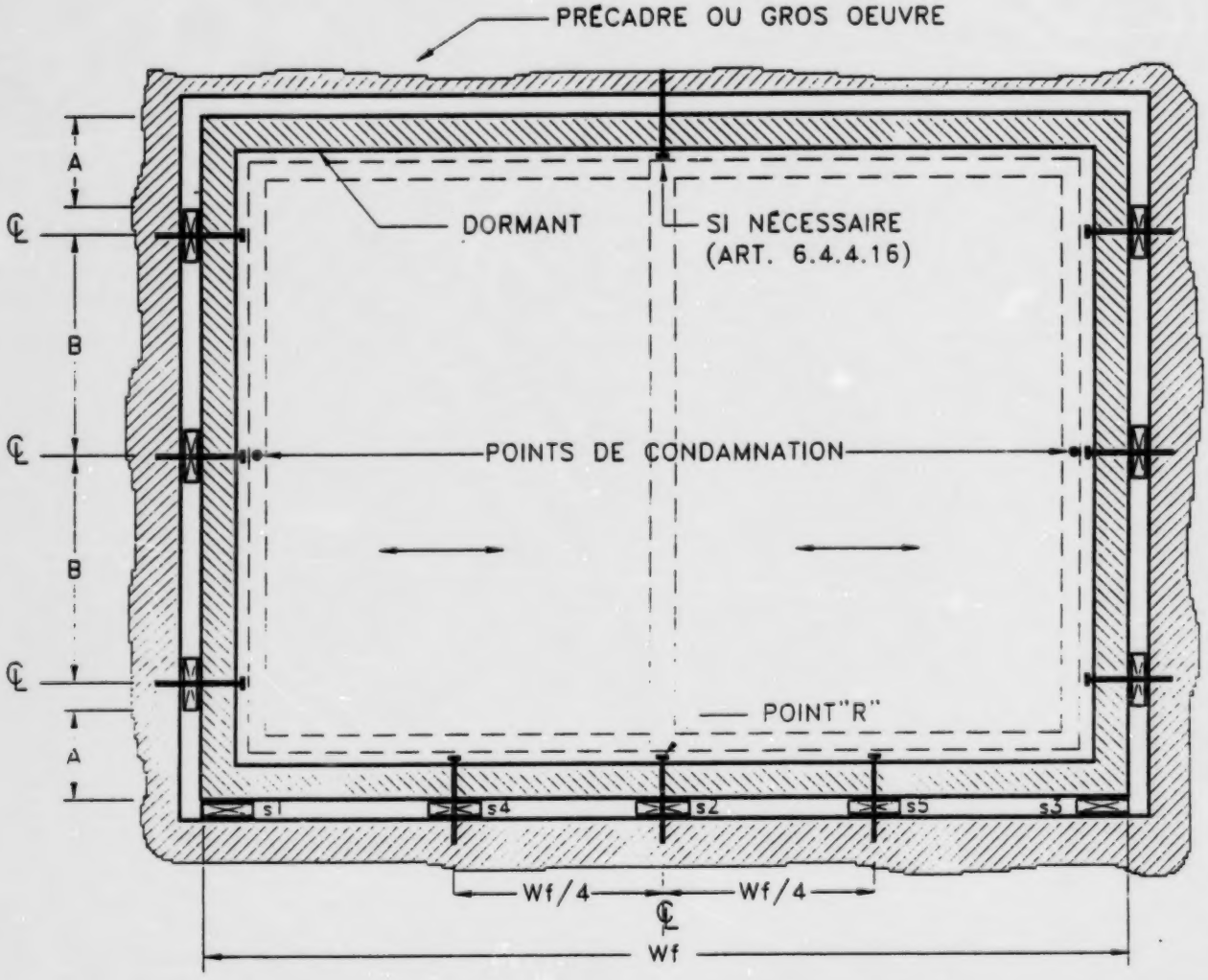
MENUISERIE DU DORMANT	MONTANT		SEUIL			
			CALAGE		ANCRAGE	
	DISTANCE "A" MIN. (mm)*	DISTANCE "B" MAX. (mm)	Wf MAX. POUR 2 CALES (mm) (S1,S2)	Wf MAX. POUR 3 CALES (mm) (S1,S2,S3)	Wf MAX SANS ANCRAGE (mm)	Wf MAX. 1 ANCRAGE (mm) (POINT "R")
BOIS	50	800	2000	3000	2000	3000
ALUMINIUM	150	800	2000	3000	2000	3000
PVC	200	600	1600	2400	1600	2400
FIBRE DE VERRE	100	800	2000	3000	2000	3000

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE, AJOUTER 50mm A LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

REMARQUE: LES CALES S1 ET S2 DOIVENT ÊTRE INSTALLÉES DIRECTEMENT SOUS LES CALES D'ASSISE.

Figure XX2

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE COULISSANTE

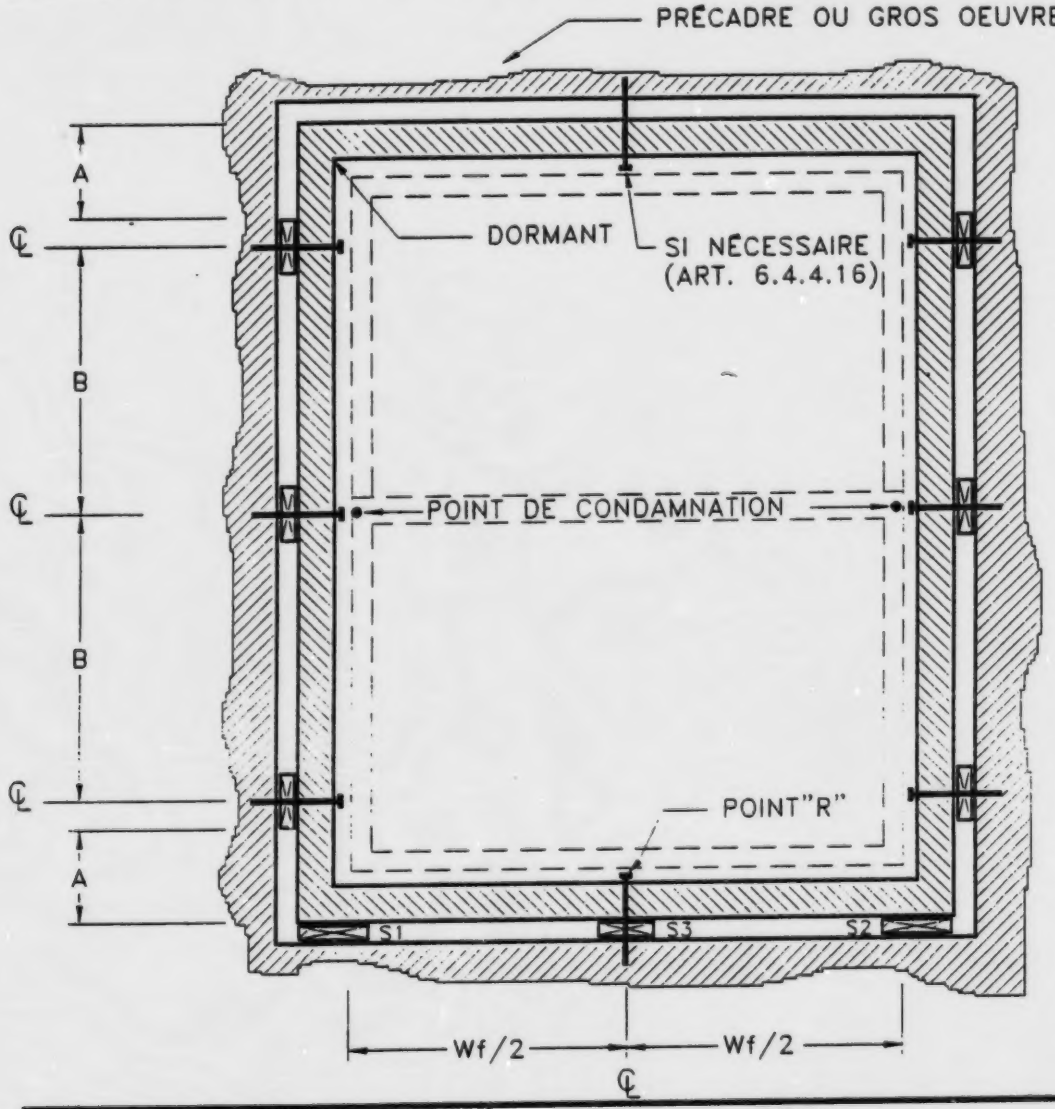


MENUISERIE DU DORMANT	MONTANT		SEUIL			
			CALAGE		ANCRAGE	
	DISTANCE "A" MIN. (mm)*	DISTANCE "B" MAX. (mm)	Wf MAX. POUR 3 CALES (mm) (S1,S2)	Wf MAX. POUR 5 CALES (mm) (S1,S2,S3)	Wf MAX SANS ANCRAGE (mm)	Wf MAX. 1 ANCRAGE (mm) (POINT "R")
BOIS	50	800	2000	3000	2000	3000
ALUMINIUM	150	800	2000	3000	2000	3000
PVC	200	600	1600	2400	1600	2400
FIBRE DE VERRE	100	800	2000	3000	2000	3000

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE. AJOUTER 50mm A LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

Figure XX3

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE À GUILLOTINE

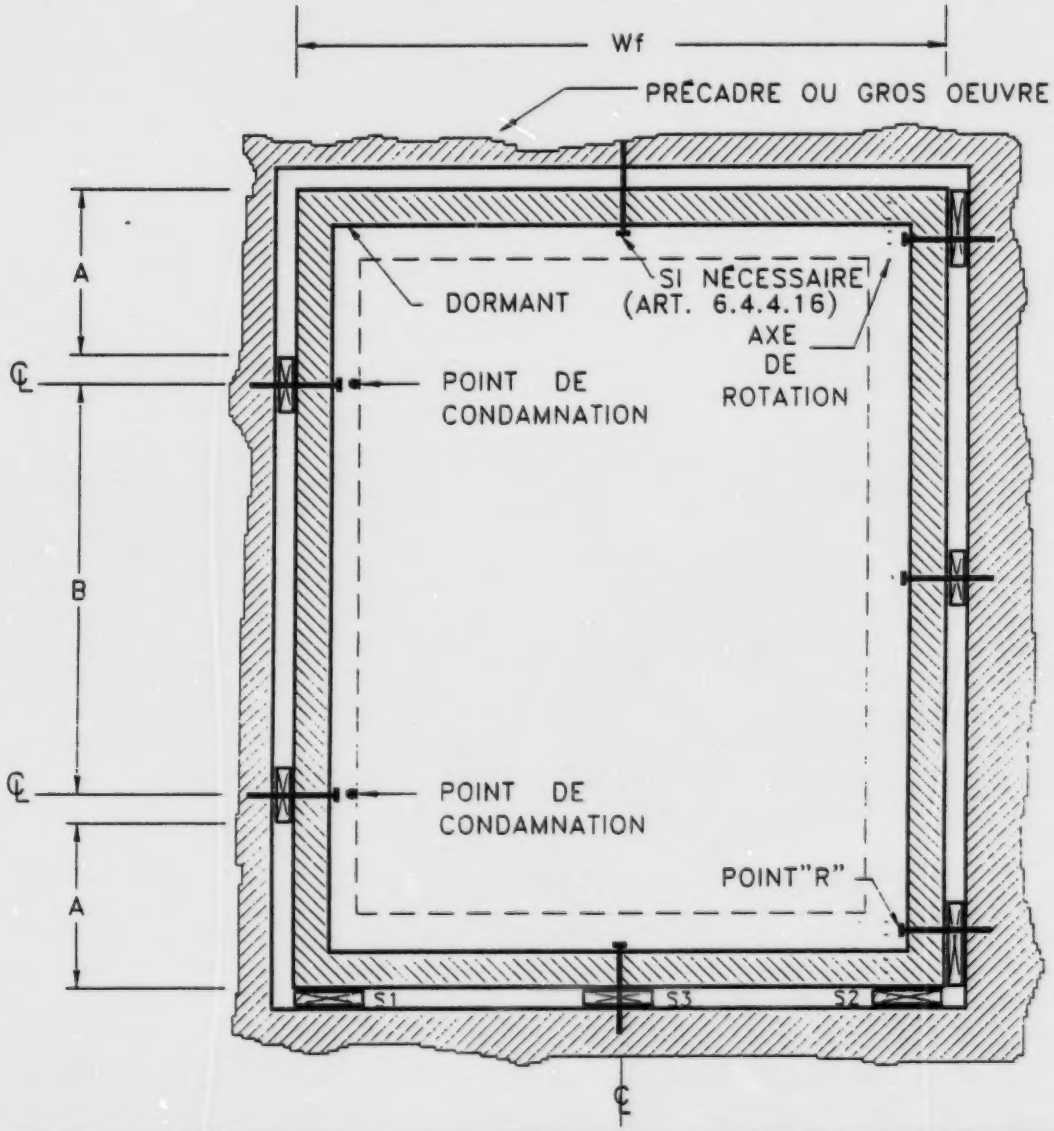


MENUISERIE DU DORMANT	MONTANT		SEUIL			
			CALAGE		ANCRAGE	
	DISTANCE "A" MIN. (mm)*	DISTANCE "B" MAX. (mm)	Wf MAX. POUR 2 CALES (mm) (S1,S2)	Wf MAX. POUR 3 CALES (mm) (S1,S2,S3)	Wf MAX SANS ANCRAGE (mm)	Wf MAX. 1 ANCRAGE (mm) (POINT "R")
BOIS	50	800	2000	3000	2000	3000
ALUMINIUM	150	800	2000	3000	2000	3000
PVC	200	600	1600	2400	1600	2400
FIBRE DE VERRE	100	800	2000	3000	2000	3000

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE, AJOUTER 50mm A LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

Figure XX4

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE À BATTANT

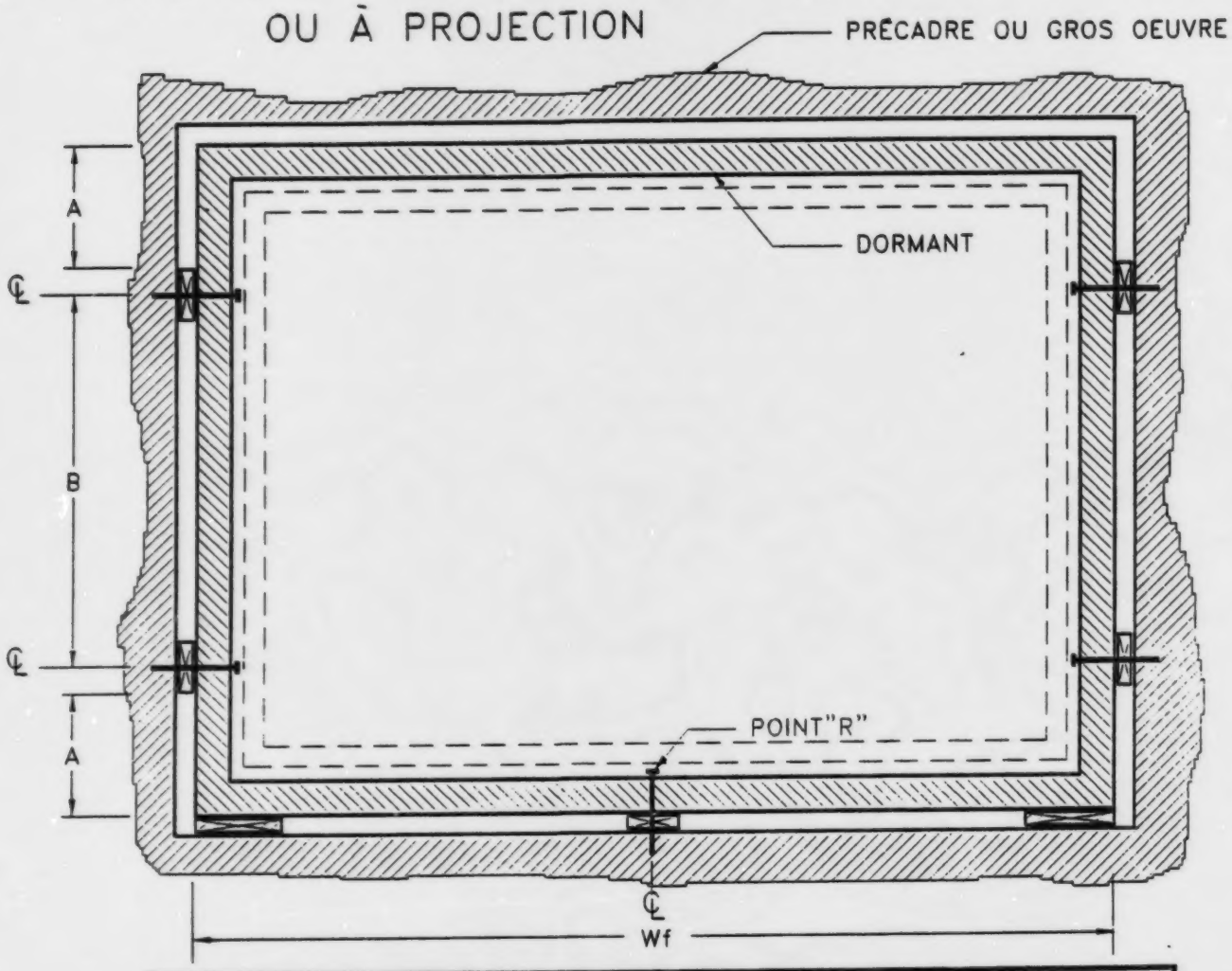


MENUISERIE DU DORMANT	MONTANT		SEUIL			
			CALAGE		ANCRAGE	
	DISTANCE "A"MIN. (mm)*	DISTANCE "B"MAX. (mm)	Wf MAX. POUR 2 CALES (mm) (S1.S2)	Wf MAX. POUR 3 CALES (mm) (S1.S2.S3)	Wf MAX SANS ANCRAGE (mm)	Wf MAX. 1 ANCRAGE (mm) (POINT"R")
BOIS	50	800	2000	3000	2000	3000
ALUMINIUM	150	800	2000	3000	2000	3000
PVC	200	600	1600	2400	1600	2400
FIBRE DE VERRE	100	800	2000	3000	2000	3000

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE. AJOUTER 50mm A LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

Figure XX5–XX6

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE À AUVENT OU À PROJECTION

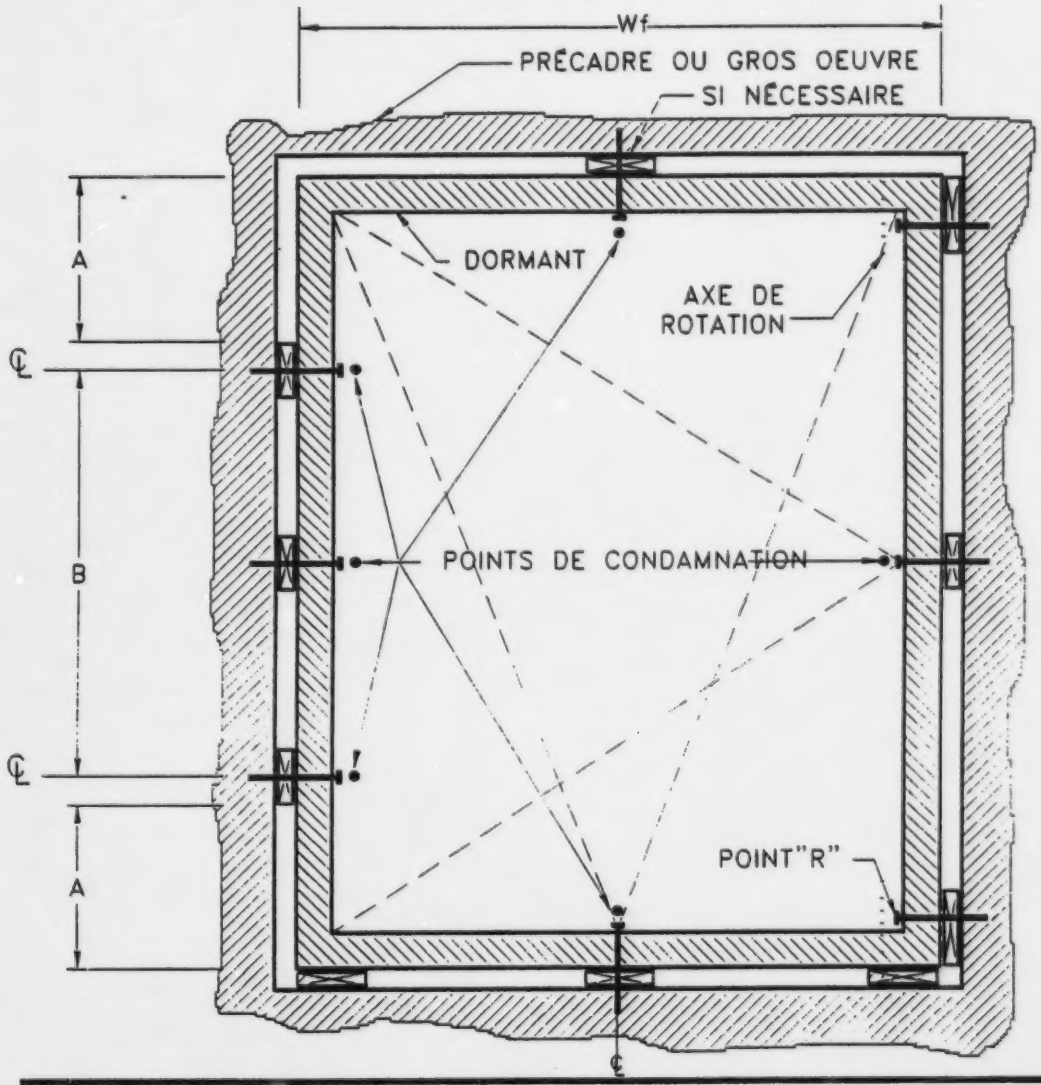


MENUISERIE DU DORMANT	MONTANT		SEUIL			
			CALAGE		ANCRAGE	
	DISTANCE "A" MIN. (mm)*	DISTANCE "B" MAX. (mm)	Wf MAX. POUR 2 CALES (mm) (S1.S2)	Wf MAX. POUR 3 CALES (mm) (S1.S2.S3)	Wf MAX SANS ANCRAGE (mm)	Wf MAX. 1 ANCRAGE (mm) (POINT"R")
BOIS	50	800	2000	3000	2000	3000
ALUMINIUM	150	800	2000	3000	2000	3000
PVC	200	600	1600	2400	1600	2400
FIBRE DE VERRE	100	800	2000	3000	2000	3000

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE. AJOUTER 50mm A LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

Figure XX7

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE OSCILLO-BATTANTE

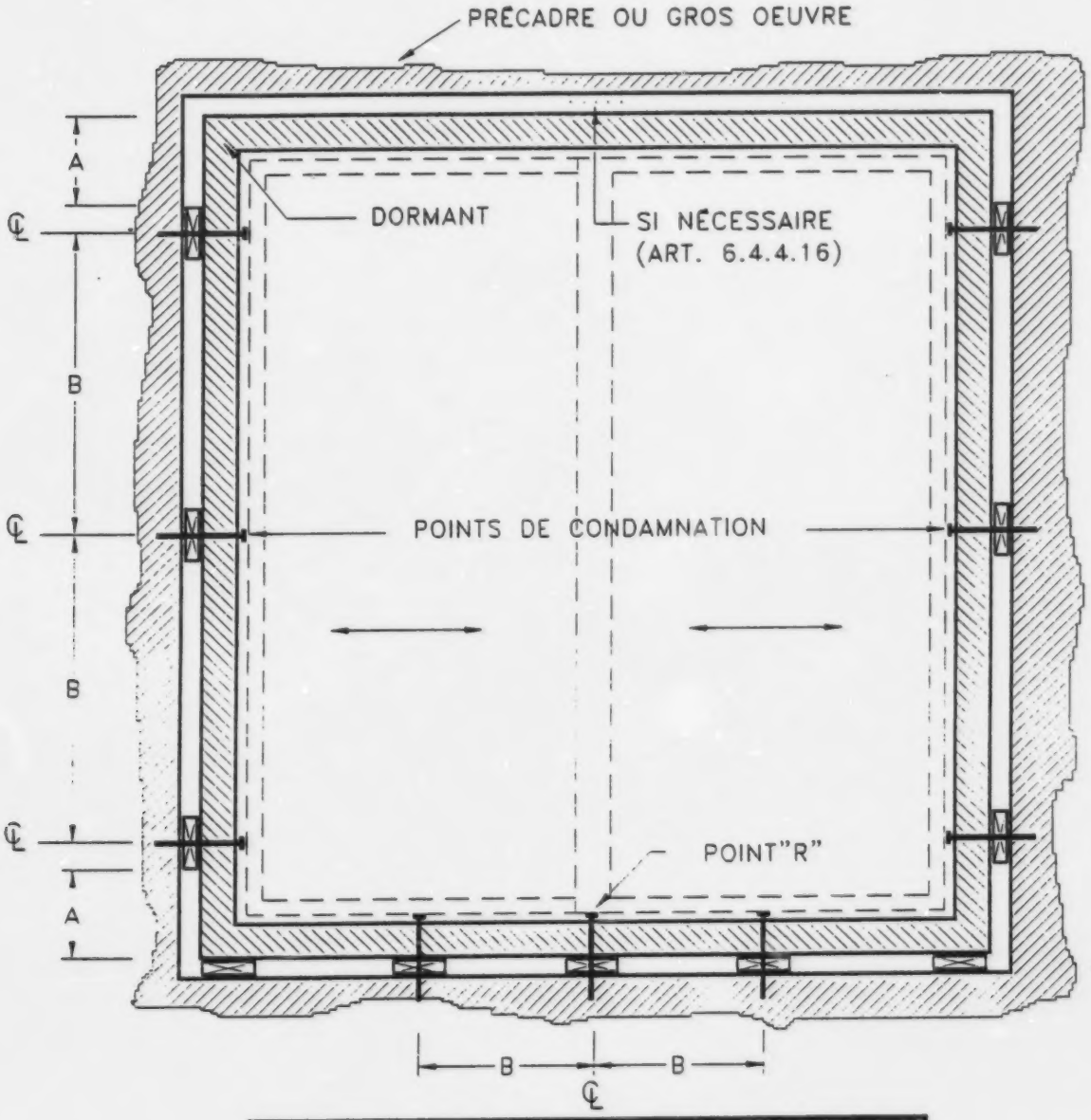


MENUISERIE DU DORMANT	MONTANT		SEUIL			
			CALAGE		ANCRAGE	
	DISTANCE "A" MIN. (mm)*	DISTANCE "B" MAX. (mm)	Wf MAX. POUR 2 CALES (mm) (S1,S2)	Wf MAX. POUR 3 CALES (mm) (S1,S2,S3)	Wf MAX SANS ANCRAGE (mm)	Wf MAX. 1 ANCRAGE (mm) (POINT "R")
BOIS	50	800	2000	3000	2000	3000
ALUMINIUM	150	800	2000	3000	2000	3000
PVC	200	600	1600	2400	1600	2400
FIBRE DE VERRE	100	800	2000	3000	2000	3000

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE. AJOUTER 50mm A LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

Figure XX8

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE PORTE COULISSANTE

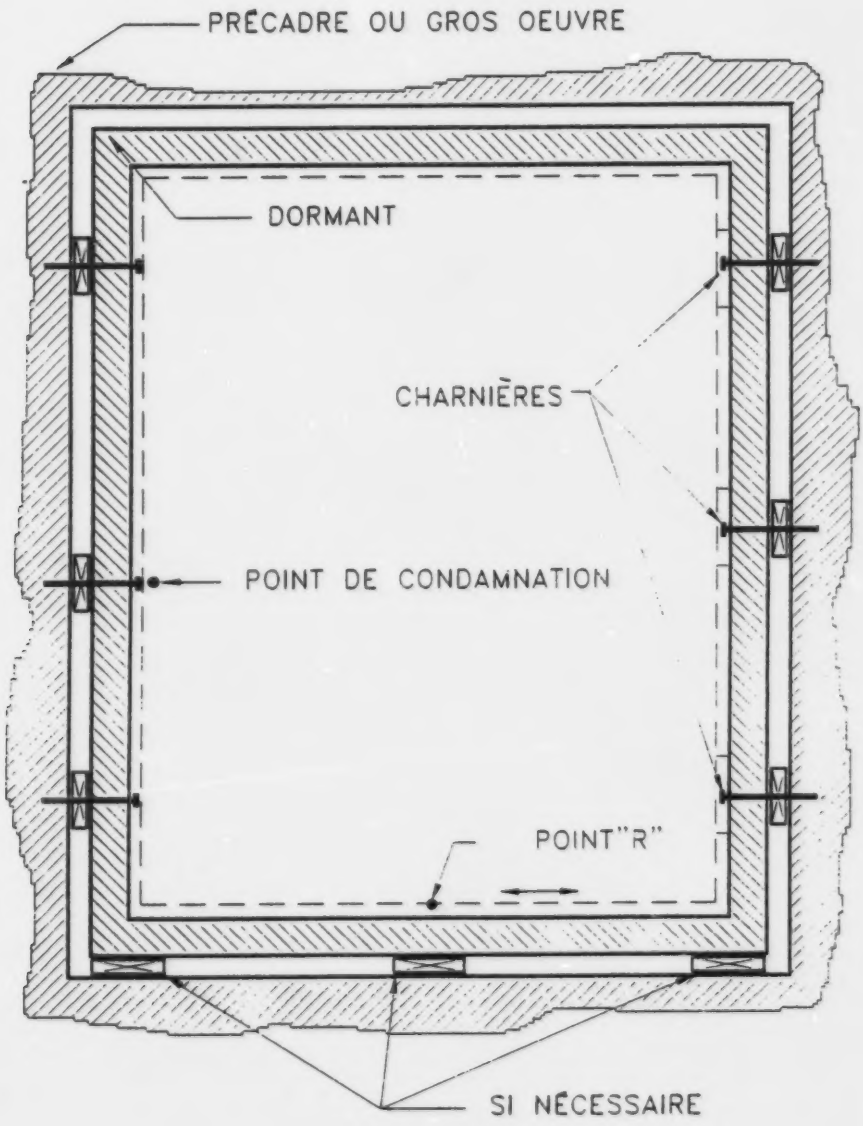


MENUISERIE DU DORMANT	DISTANCE "A"MIN. (mm)*	DISTANCE "B"MAX. (mm)
BOIS	50	800
ALUMINIUM	150	800
PVC	200	600
FIBRE DE VERRE	100	800

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE. AJOUTER 50mm A LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

Figure XX9

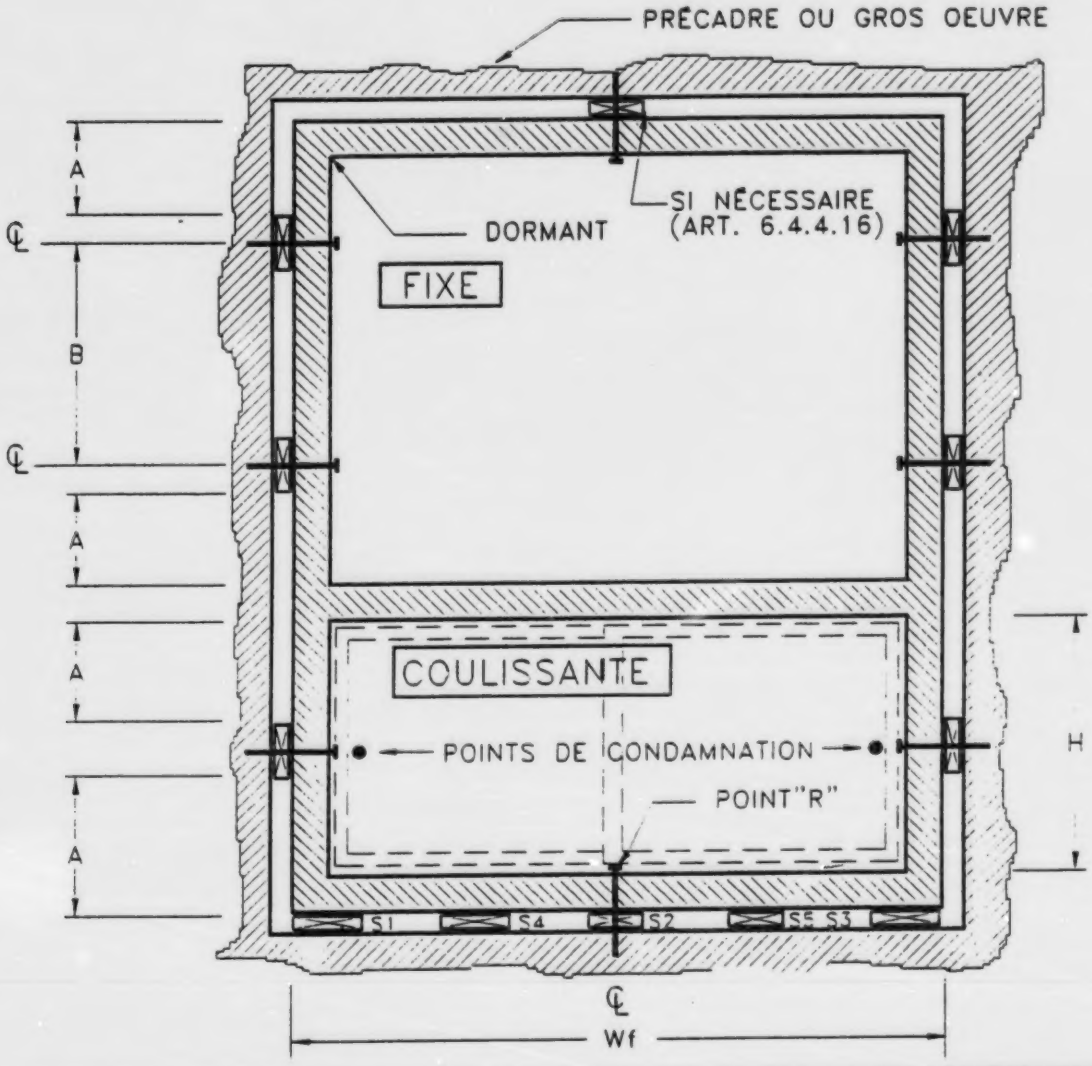
CALAGE ET ANCRAGE D'UNE PORTE BATTANTE



LOCALISER LES CALES SOUS LES CHARNIÈRES. LES ANCRAGES DEVRONT TRAVERSER LES CALES PRÈS DES CHARNIÈRES. A L'EXCEPTION DU OU DES POINTS DE CONDAMNATION. LES CALES ET ANCRAGES SITUÉS DU COTÉ OPPOSÉ AUX CHARNIÈRES DEVRONT ÊTRE LOCALISÉS À LA MÊME HAUTEUR QUE LES CHARNIÈRES.

Figure XX11

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE COMPOSÉE: "FENÊTRE FIXE AU-DESSUS D'UNE FENÊTRE COULISSANTE"



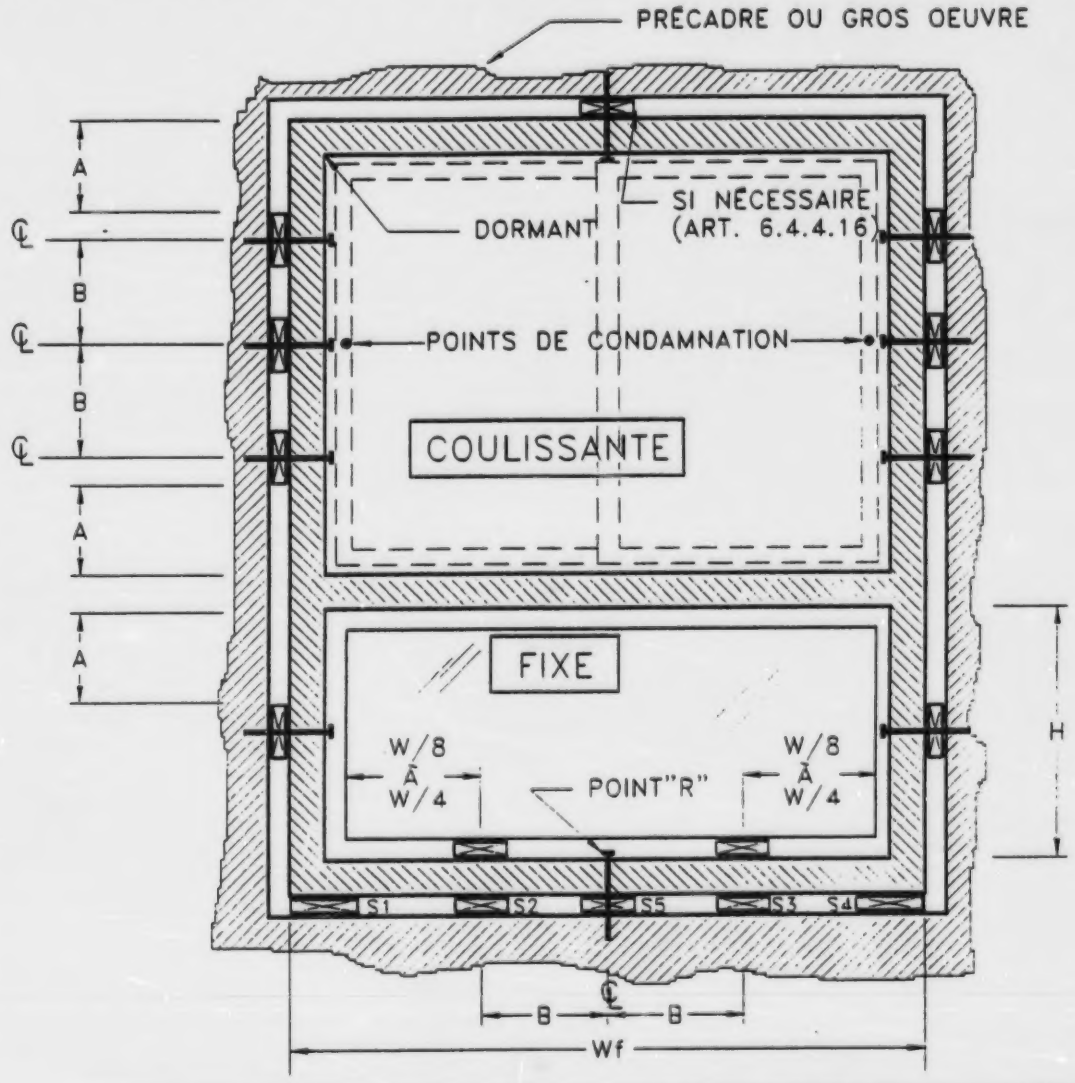
MENUISERIE DU DORMANT	MONTANT		SEUIL			
			CALAGE		ANCRAGE	
	DISTANCE "A" MIN. (mm)*	DISTANCE "B" MAX. (mm)	Wf MAX. POUR 3 CALES (mm) (S1,S2,S3)	Wf MAX. POUR 5 CALES (mm) (S1 À S5)	Wf MAX SANS ANCRAGE (mm)	Wf MAX. 1 ANCRAGE (mm) (POINT "R")
BOIS	50	800	2000	3000	2000	3000
ALUMINIUM	150	800	2000	3000	2000	3000
PVC	200	600	1600	2400	1600	2400
FIBRE DE VERRE	100	800	2000	3000	2000	3000

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE. AJOUTER 50mm À LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

REMARQUE: SI H>800mm, L'AJOUT DE CALES ET D'ANCRAGES PEUT ÊTRE REQUIS POUR RESPECTER LA DISTANCE "B" MAXIMALE. DANS TOUS LES CAS. LA DISTANCE MINIMALE "A" DOIT ÊTRE RESPECTÉE.

Figure XX12

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE COMPOSÉE:
"FENÊTRE COULISSANTE AU-DESSUS D'UNE FENÊTRE FIXE"



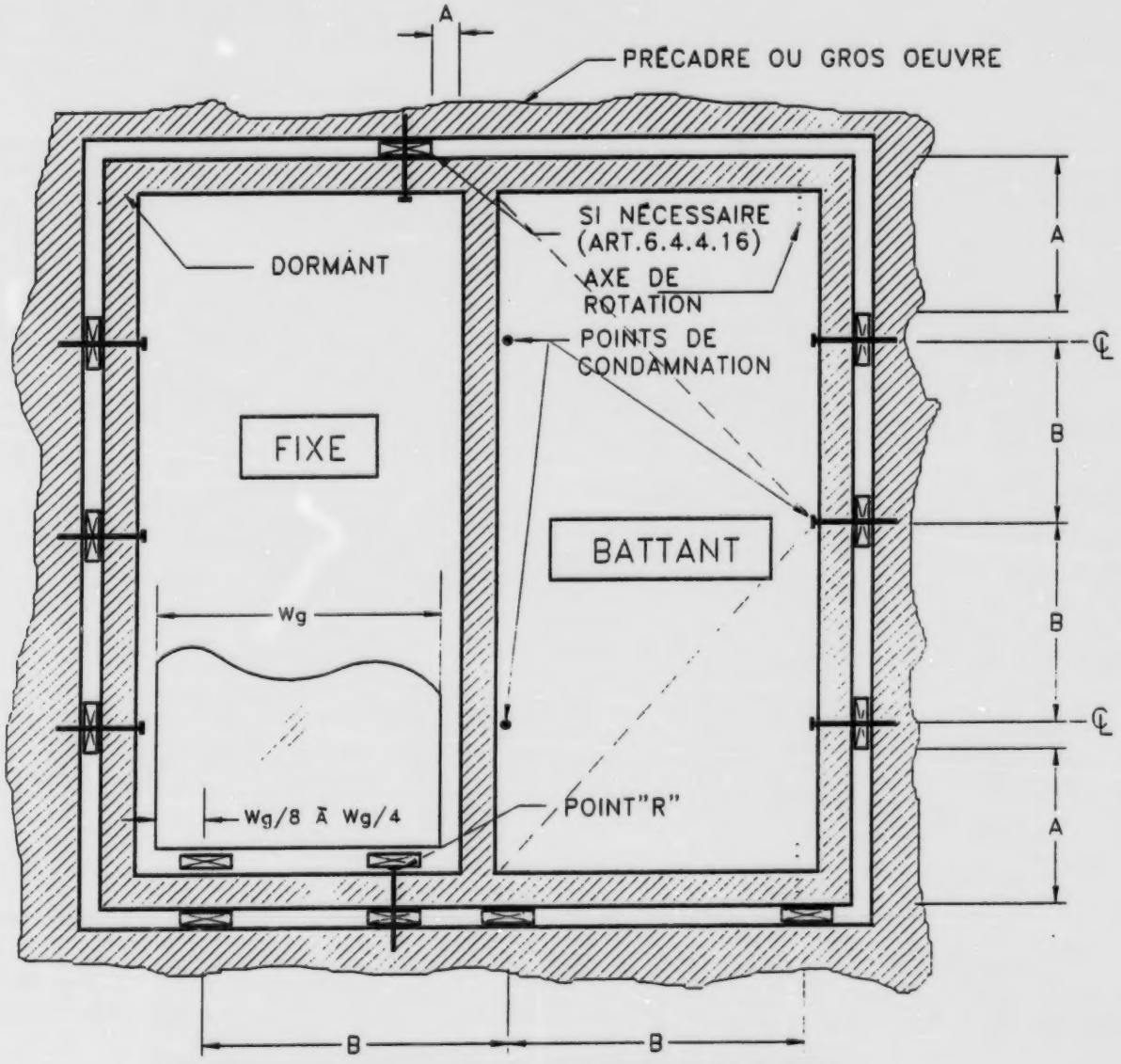
MENUISERIE DU DORMANT	MONTANT		SEUIL			
			CALAGE		ANCRAGE	
	DISTANCE "A" MIN. (mm)*	DISTANCE "B" MAX. (mm)	Wf MAX. POUR 3 CALES (mm) (S1,S2,S3)	Wf MAX. POUR 5 CALES (mm) (S1 À S5)	Wf MAX SANS ANCRAGE (mm)	Wf MAX. 1 ANCRAGE (mm) (POINT"R")
BOIS	50	800	2000	3000	2000	3000
ALUMINIUM	150	800	2000	3000	2000	3000
PVC	200	600	1600	2400	1600	2400
FIBRE DE VERRE	100	800	2000	3000	2000	3000

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE. AJOUTER 50mm À LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

REMARQUE: SI H>800mm. L'AJOUT DE CALES ET D'ANCRAGES PEUT ÊTRE REQUIS POUR RESPECTER LA DISTANCE "B" MAXIMALE. DANS TOUS LES CAS. LA DISTANCE MINIMALE "A" DOIT ÊTRE RESPECTÉE.

Figure XX13

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE COMPOSÉE: "FENÊTRE FIXE + FENÊTRE À BATTANT"



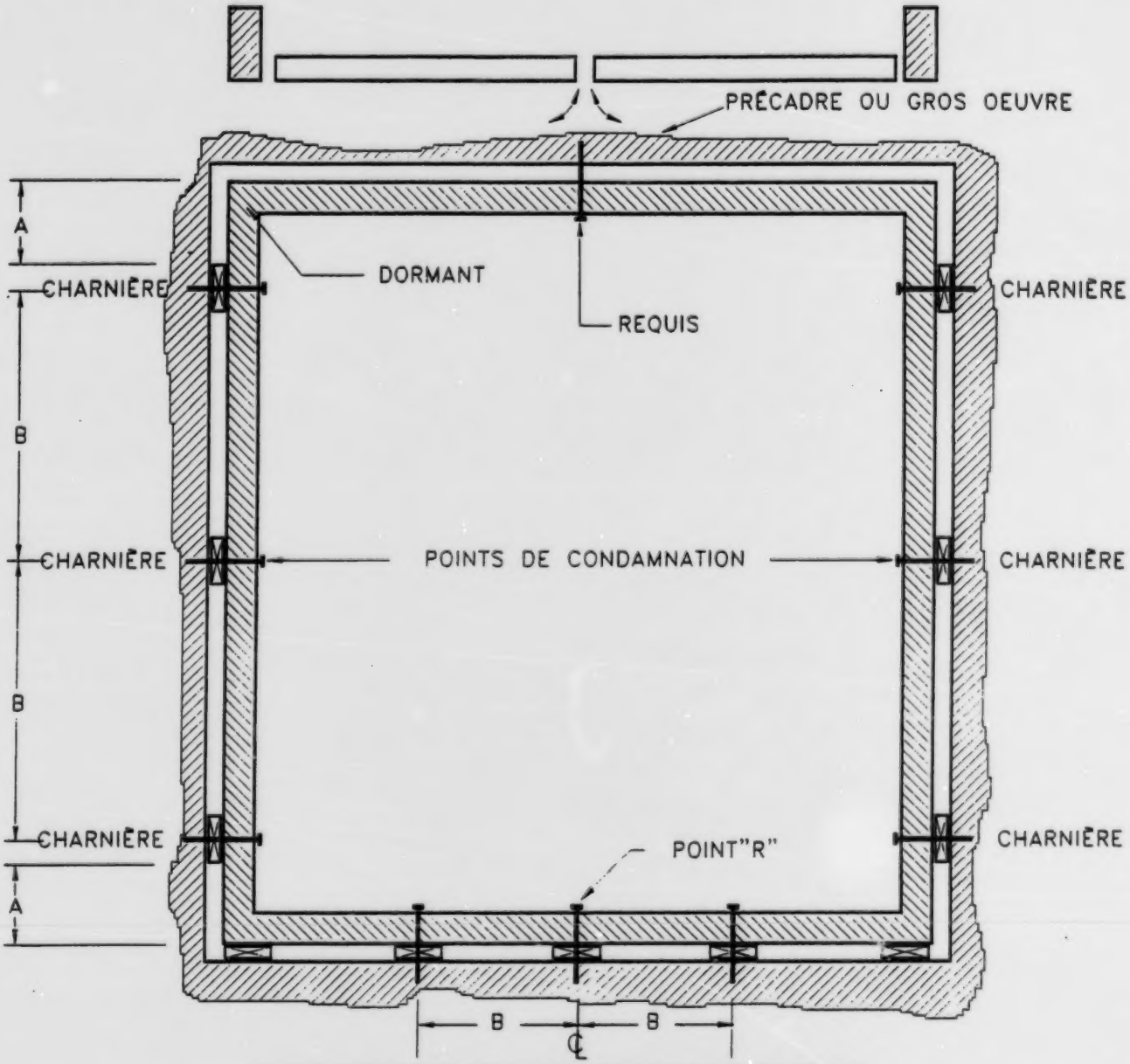
MENUISERIE DU DORMANT	DISTANCE "A"MIN. (mm)*	DISTANCE "B"MAX. (mm)
BOIS	50	800
ALUMINIUM	150	800
PVC	200	600
FIBRE DE VERRE	100	800

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE. AJOUTER 50mm A LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

\X13.DWG

Figure XX14

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE PORTE FRANCAISE

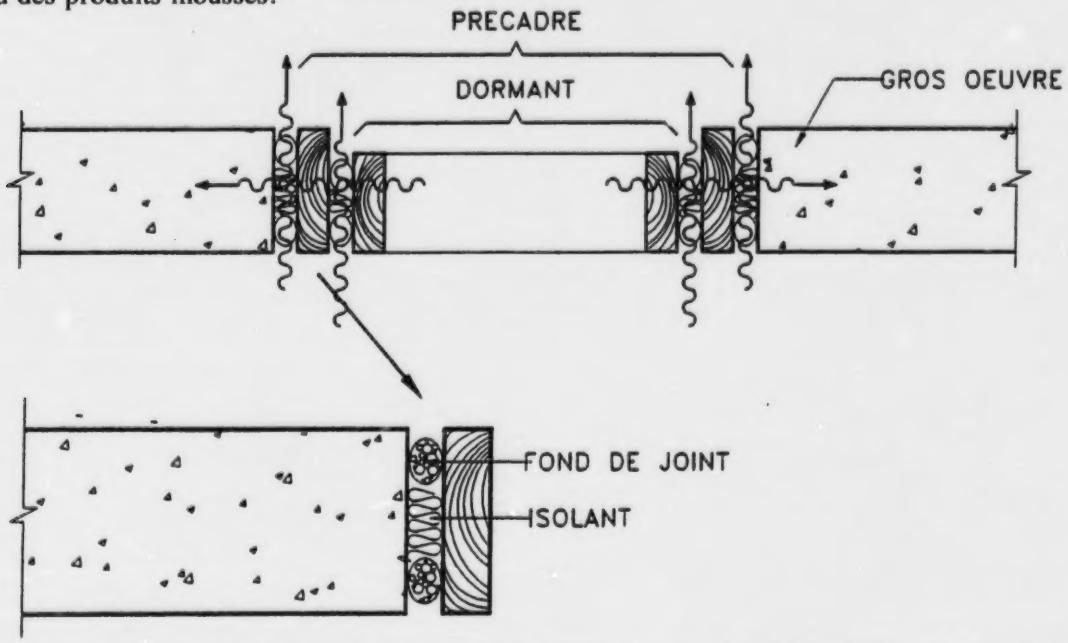


MENUISERIE DU DORMANT	DISTANCE "A" MIN. (mm)*	DISTANCE "B" MAX. (mm)
BOIS	50	800
ALUMINIUM	150	800
PVC	200	600
FIBRE DE VERRE	100	800

* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE, AJOUTER 50mm A LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

ISOLATION THERMIQUE

Pour minimiser l'influence du gros œuvre sur les performances thermiques de la fenêtre, ainsi que pour minimiser les déperditions thermiques à travers les fentes entre le dormant et le précadre et entre le précadre et le gros œuvre, on doit isoler les espaces avec de la laine de verre ou des produits moussés.



Lorsqu'on utilise de la laine de verre, il faut éviter de comprimer celle-ci dans la fente pour mieux remplir la fonction isolation thermique.

L'utilisation de mousse de poluréthanne est problématique. On doit s'assurer que la mousse utilisée est compatible avec les matériaux adjacents (dormant, précadre, gros œuvre, produit de calfeutrement) et en aucun cas provoquer des déformations du dormant lors du mûrissement de la mousse. La mousse de polyuréthanne rigide ne doit pas être utilisée lorsqu'il s'agit d'une menuiserie de PVC ou d'aluminium. En effet, pour ces menuiseries il y aura fissuration de la liaison.

Chapitre 4

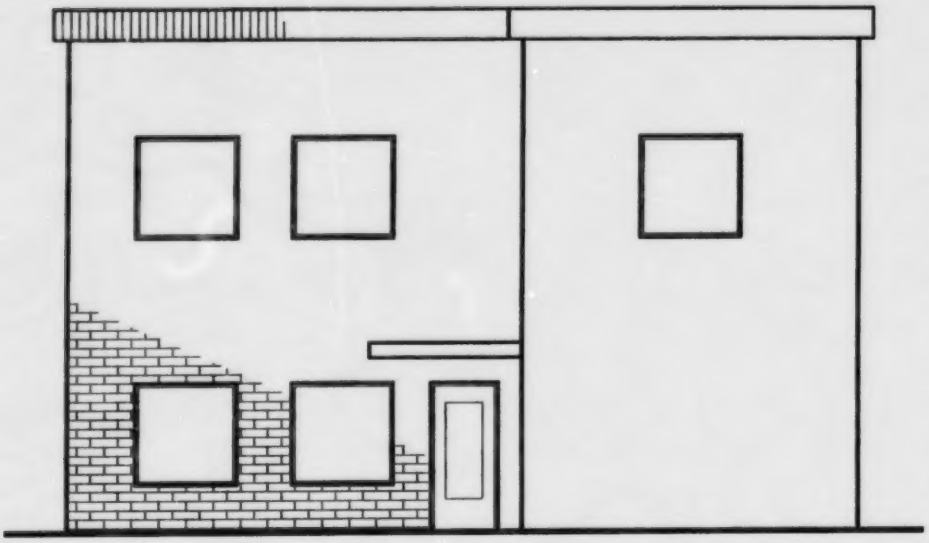
APPLICATIONS POUR 3 CAS PRÉ DÉFINIS

Les exemples que nous présentons dans ce chapitre font partie d'une démarche pratique que le concepteur fait durant l'élaboration de ses plans. Nous appliquons les concepts présentés ci-avant, à trois différents types de construction:

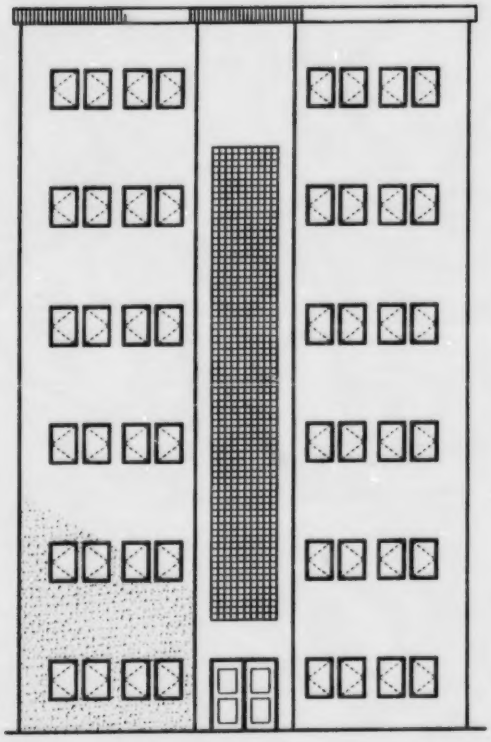
- **Exemple #1:**
  Bâtiment commercial, 2 étages
  Structure d'acier
  Revêtement de maçonnerie
  Fenêtre fixe en aluminium
  Colombages d'acier

- **Exemple #2:**
  Bâtiment résidentiel, 6 étages
  Structure de béton
  Revêtement de ciment acrylique sur isolation
  Fenêtre à battant de PVC
  Colombages d'acier

- **Exemple #3:**
  Bâtiment résidentiel, 3 étages
  Structure de bois
  Revêtement de maçonnerie
  Fenêtre coulissante en aluminium



EXEMPLE NO. 1



EXEMPLE NO. 2

EXEMPLE NO. 3

Pour chacun de ces exemples, nous déterminerons les points suivants:

- Largeur du joint périphérique entre les dormants et le parement extérieur (brique).
- Largeur du joint périphérique entre les dormants et le pré-cadre.
- % d'élongation requis du mastic.
- Type de joint périphérique au niveau design.

4.1.1 Exemple #1

Fenêtre:

- fixe
- dimensions: 1500mm x 1500mm
- menuiserie du dormant: aluminium pré-peint noir du côté extérieur.

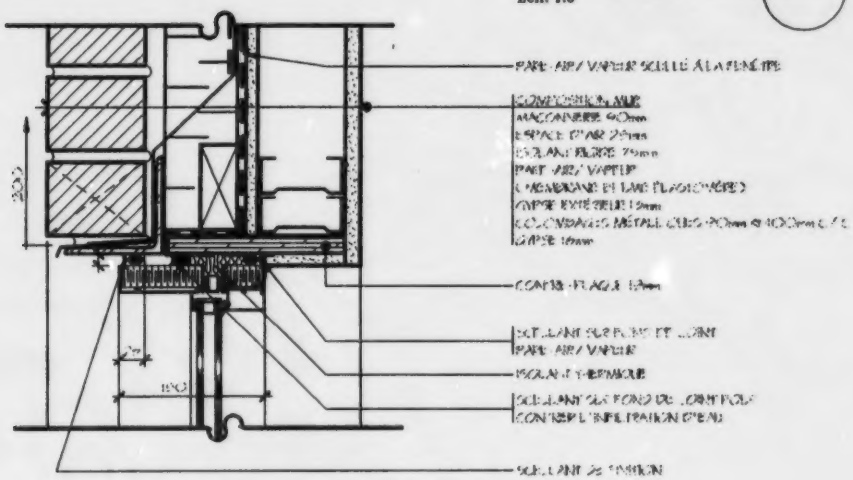
Bâtiment:

- deux étages
- fenêtre localisée au rez-de-chaussée
- structure d'acier
- colombages d'acier
- parement de brique
- construction neuve

Localité: Montréal

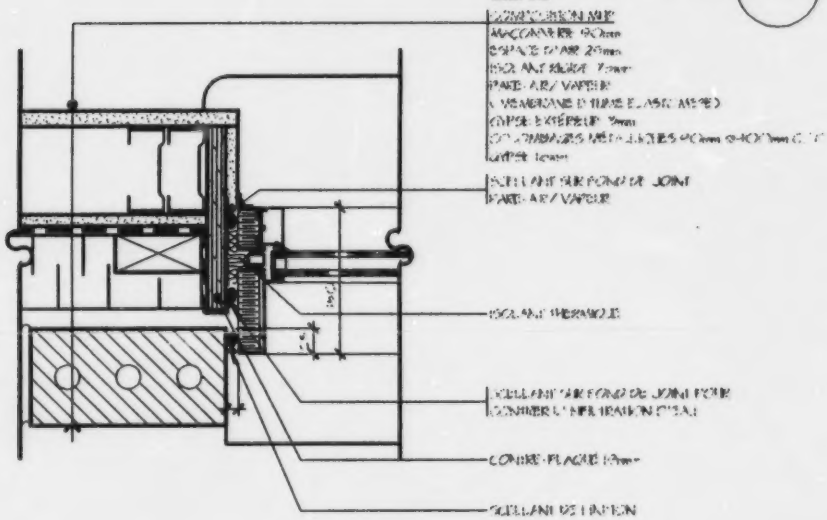
FENÊTRE FIXE ALUMINIUM TÊTE (EX. #1)

ÉCH: 1:6



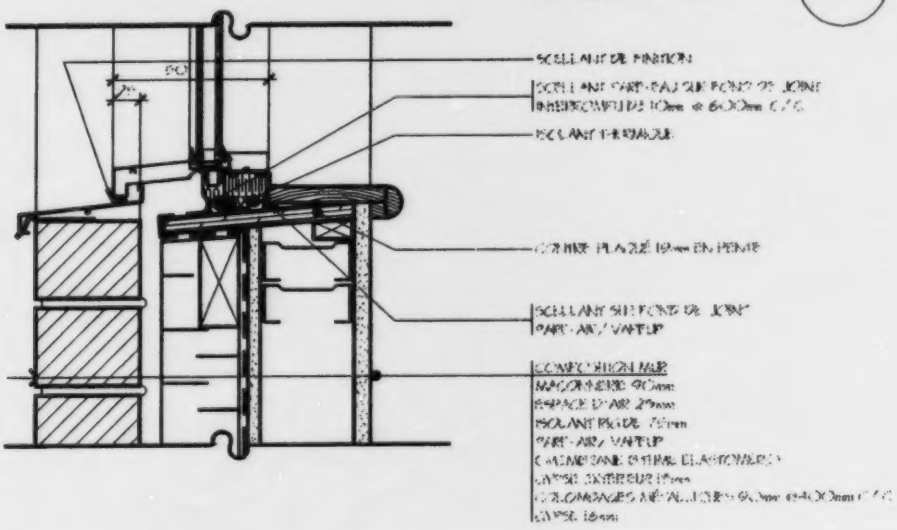
FENÊTRE FIXE ALUMINIUM JAMBAGE (EX. #1)

ÉCH: 1:6



FENÊTRE FIXE
ALUMINIUM
SEUIL (EX. #1)

ÉCH: 1:5



A- OBJECTIF:

Déterminer la largeur du joint périphérique entre la fenêtre et le gros oeuvre, le tout en fonction des caractéristiques du mastic de la liaison.

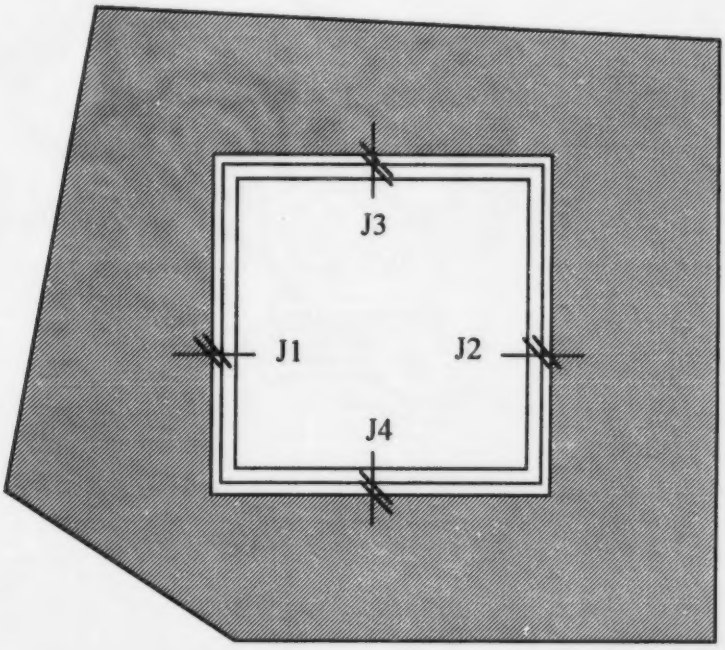


Figure no. 1

B- SOLUTION:

Les étapes suivantes sont celles que le concepteur suit lors de ses calculs:

a) Exigences de la norme A440.4

L'article 6.4.2.2 donne la largeur minimale et maximale du joint périphérique entre la fenêtre et le gros oeuvre:

J1 et J2 minimum = 9,5mm
J3 et J4 minimum = 12,5mm.
L'écart entre J1 et J2 doit être plus petit ou égal à 3mm.
Aucune limitation entre J3 et J4.

Les valeurs de J1 et J2, J3 et J4, dictées par la norme sont là pour définir l'acceptabilité esthétique de l'ouvrage. Il appartient au concepteur de définir tous ces joints en fonction de la capacité de mouvement du mastic sélectionné (Emax) et pour conserver la pérennité de l'ouvrage (étanchéité à l'air, etc...)

b) <u>Tolérances de fabrication de la fenêtre, d'intallation et de construction du gros oeuvre.</u>

- **Tolérances de fabrication de la fenêtre** (article 4.2.6 de la norme A440.4, page 9, annexe C)
  Hauteur = 1500 +- 1,6mm
  Largeur = 1500 +- 1,6mm

- **Tolérances d'installation de la fenêtre** (norme A440.4, page 10, annexe C)
  Lorsque le périmètre des dormants est plus grand que 4m la tolérance est de 3mm.

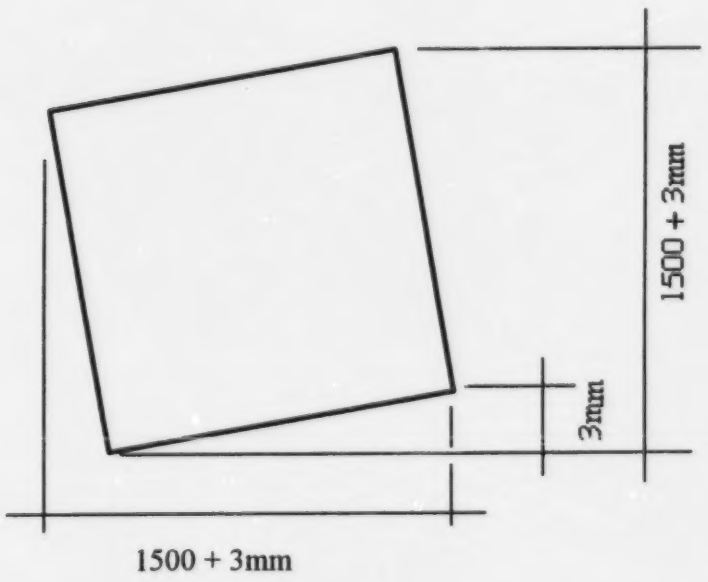


Figure no. 2

Dans cette figure le périmètre des dormants (6m) est plus grand que 4m alors la tolérance de la norme est de 3mm. Ceci veut dire que nous ajoutons 3 mm verticalement à la hauteur. Pour trouver la mesure que nous devons ajouter à la largeur, nous devons utiliser une règle mathématique fort simple:

Par exemple:

Hauteur = 1500mm
Largeur = 2000mm

3mm (mesure de la norme)	pour la hauteur	1500
Xmm (mesure à trouver)	pour la largeur	2000

$$\frac{3 \times 2000}{1500} = 4\text{mm}$$

Bien entendu dans notre cas la largeur est de 1500mm alors nous aurons 3mm de tolérance horizontale.

- **Tolérances de construction du gros oeuvre**

  Les tolérances de construction du gros oeuvre sont habituellement plus grandes. Dans le cas présent, nous considérons:
  Hauteur de l'ouverture = 1500mm +- 6mm
  Largeur de l'ouverture = 1500mm +- 6mm

  Ces tolérances se retrouvent dans des documents spécialisés. (voir page 9 annexe C)

- **Combinaison aléatoire de l'ensemble des tolérances**

$$T_H = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + ... + T_4^2} =$$

TH = Tolérance horizontale
T_1 = Tolérance de fabrication de la fenêtre
T_2 = Tolérance d'installation de la fenêtre, écart de niveau
T_3 = Tolérance d'installation de la fenêtre, équerre
T_4 = Tolérance du gros oeuvre

$$T_H = \sqrt{1{,}6^2 + 3^2 + 0^2 + ... + 6^2} = 6{,}9\text{mm}$$

La **tolérance verticale** TV est la même mesure compte tenu que la dimension du dormant est la même que celle de la hauteur.

Dans l'exemple #1 précédent, la "tolérance" requise est donc de 6,9mm (7mm) sur chaque dimension, on peut dire que le jeu périphérique requis est de **3,5mm** dans un cas idéal. Ce jeu ou cet écart supplémentaire de l'ouverture par rapport au dormant tient compte uniquement des

tolérances qui permettent l'insertion du dormant de la fenêtre sans qu'il y ait de jeu périphérique additionnel pour permettre les variations dimensionnelles.

Nous remarquons que la tolérance qui influence le plus le calcul, est celle du pré-cadre. Le concepteur peut alors préciser le niveau de tolérance qu'il désire pour le pré-cadre. Ceci lui assurera une largeur minimum de jeu périphérique. Par exemple, il peut préciser 3mm au lieu de 6mm (T4). L'impact sera:

$$T_H = \sqrt{1{,}6^2 + 3^2 + 0^2 + ... + 3^2} \quad = \quad 4{,}5\text{mm}$$

c) **Calcul des variations dimensionnelles du dormant de la fenêtre**

Tel que mentionné la variation dimensionnelle du gros oeuvre est négligeable. Les colombages sont en acier et le périmètre est en contreplaqué, donc des matériaux très stables en dimension. Pour la variation du parement de brique, celle-ci est de 0,02%. La hauteur de brique entre la fondation et le dessous du seuil de fenêtre étant relativement faible, cette variation sera aussi négligeable. Une démonstration du calcul est faite à titre d'exemple:

90mm x .0002 = 0,0180mm

– **Définition du point de référence "R"**

Dans le but de minimiser les mouvements différentiels du dormant par rapport au gros oeuvre, le point de référence "R" est localisé au centre du seuil pour des dimensions plus grandes que 2000mm et plus petites que 3000mm. Dans notre cas, pour 1500mm de largeur nous n'avons pas besoin d'ancrage.

- **Calcul de l'intensité maximale de la variation dimensionnelle.**

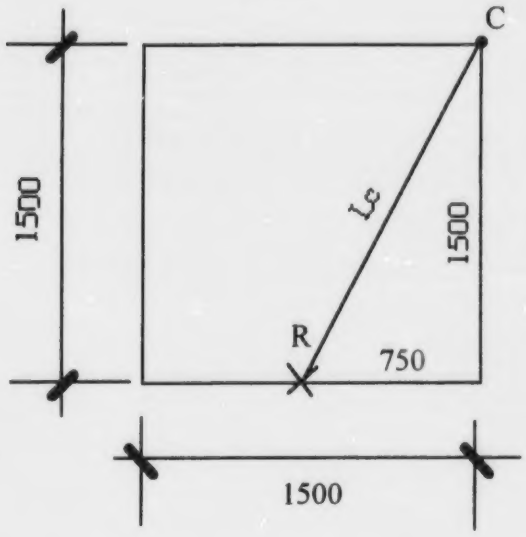


Figure #3

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

où $\Delta T_{max} = -35°C$ (hiver)

$$Lmax = Lc = \sqrt{750^2 + 1500^2} = 1677mm$$

α = Coefficient de dilatation thermique linéaire (mm/mm-°C)
α_{alum} = $23,2 \times 10^{-6}$ mm/mm/°C

ΔL = $23,2 \times 10^{-6}$ mm/mm/°C x 1677mm x -35 °C = -1,36mm

Nous remarquons que la variation dimensionnelle est relativement faible.

d) <u>Calcul de la largeur de joint périphérique requis au point "C"</u>

Largeur du joint:

$$J = \frac{|\Delta L|}{E_{max}} \times 100 + \frac{T}{2} = \frac{-1,36mm}{10} \times 100 + \frac{7}{2} = 13,95mm$$

J = Largeur du joint (mm)
$|\Delta L|$ = Valeur absolue de la variation dimensionnelle (mm)
E_{max} = Capacité de mouvement du mastic (%)
T = Tolérance globale (mm)

Le joint requis dans cet exemple est de 13,95mm donc 14mm avec un mastic de 10%.

e) **Les calages**

À partir des tableaux inclus dans les pages précédentes, nous déterminerons le positionnement des cales ainsi que le nombre des points d'ancrage.

Selon le tableau et la figure de la page 13, nous pouvons conclure que les calages requis au seuil sont au nombre de deux et aux montants au nombre de trois. Aucun calage n'est requis à la tête.

f) **Traitement de l'espace entre le mur et le cadre**

Dans cet espace les 6 fonctions de l'enveloppe doivent s'y retrouver de la même façon. Leur continuité doit être réalisée de façon efficace:

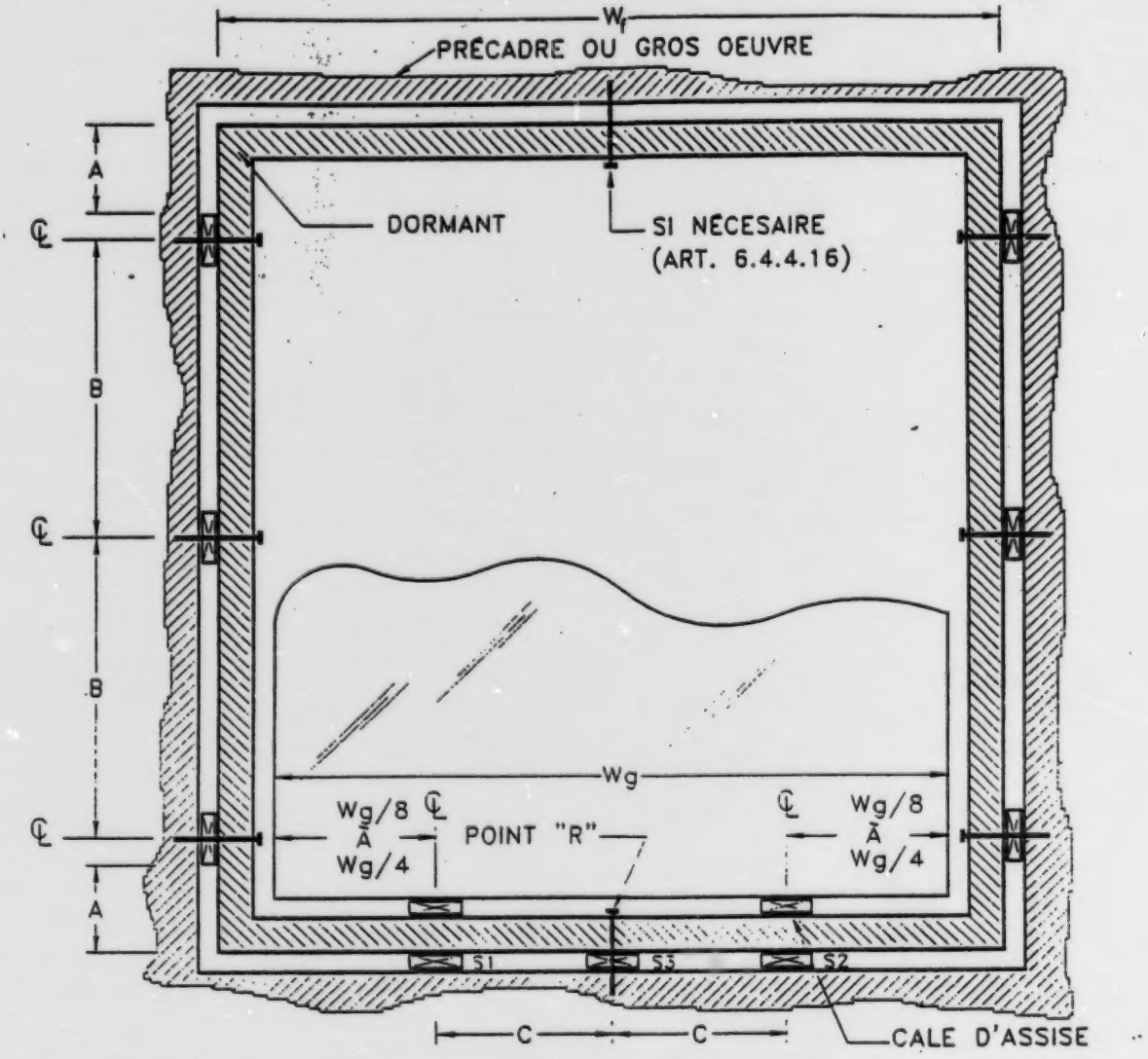
1- revêtement intérieur
2- structure du mur
3- pare-vapeur
4- pare-air
5- isolation thermique
6- parement extérieur

Conclusion

NOTE: LA DIMENSION DU JOINT PÉRIPHÉRIQUE NE PEUT ÊTRE DÉCIDÉE DE FAÇON ALÉATOIRE. ELLE EST RELATIVE AU TYPE DE FENÊTRE (MENUISERIE, DIMENSION, LOCALISATION DE LA CELLE-CI) À L'ANCRAGE DE CETTE FENÊTRE, AU GROS OEUVRE, AU PAREMENT EXTÉRIEUR, AU TYPE DE CONSTRUCTION, AUX CONDITIONS DE CHANTIER -rénovation ou construction neuve-

Figure #4

CALAGE ET ANCRAGE D'UNE FENÊTRE FIXE



MENUISERIE DU DORMANT	MONTANT		SEUIL			
			CALAGE		ANCRAGE	
	DISTANCE "A" MIN. (mm)*	DISTANCE "B" MAX. (mm)	Wf MAX. POUR 2 CALES (mm) (S1,S2)	Wf MAX. POUR 3 CALES (mm) (S1,S2,S3)	Wf MAX SANS ANCRAGE (mm)	Wf MAX. 1 ANCRAGE (mm) (POINT "R")
BOIS	50	800	2000	3000	2000	3000
ALUMINIUM	150	800	2000	3000	2000	3000
PVC	200	600	1600	2400	1600	2400
FIBRE DE VERRE	100	800	2000	3000	2000	3000

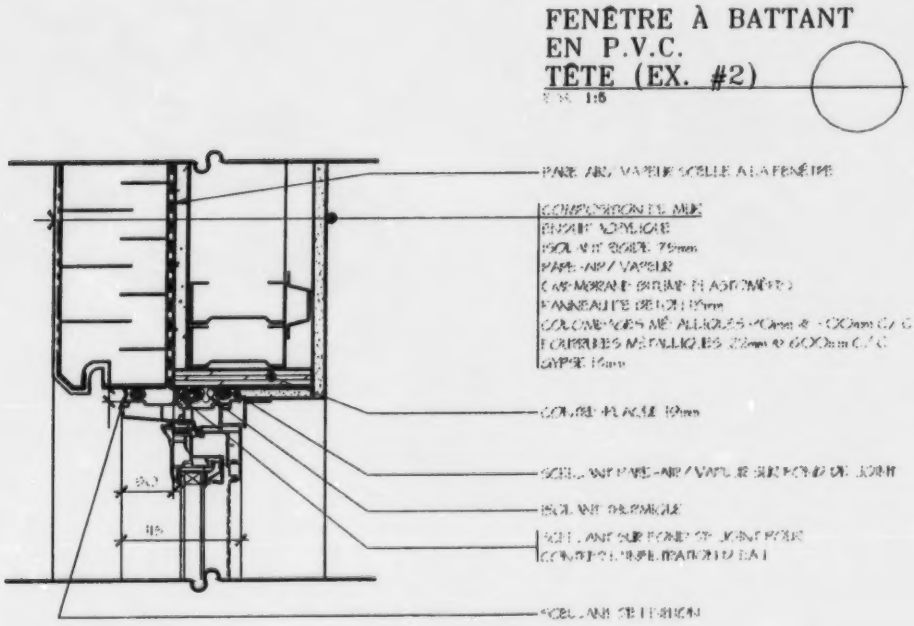
* LORSQUE LA COULEUR DU FINI EXTÉRIEUR EST FONCÉE. AJOUTER 50mm À LA DIMENSION "A" CI-DESSUS

REMARQUE: LES CALES S1 ET S2 DOIVENT ÊTRE INSTALLÉES DIRECTEMENT SOUS LES CALES D'ASSISE.

4.2.1 Exemple #2

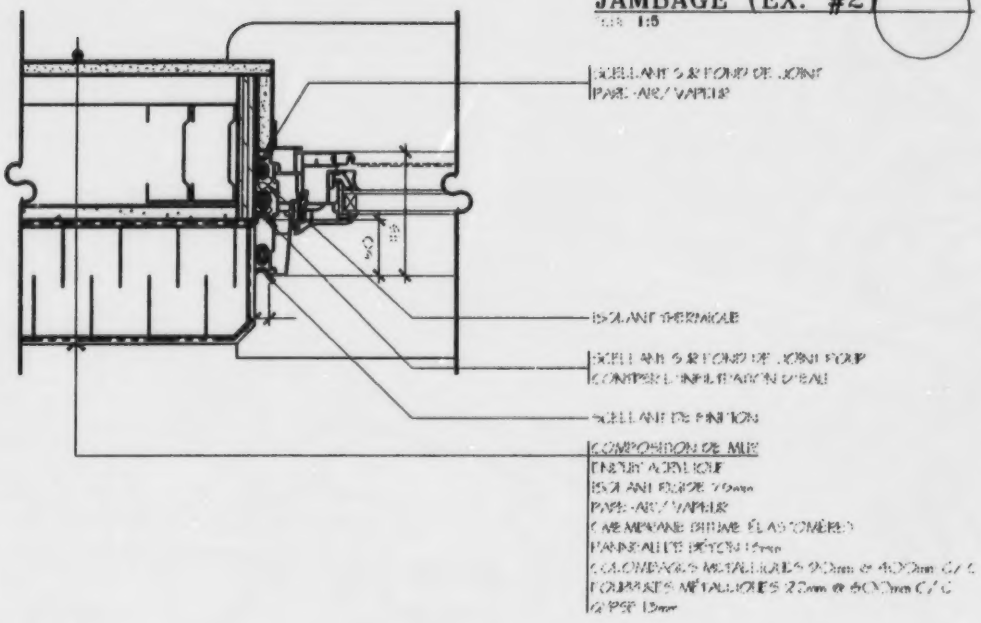
- **Exemple no.2:**
  Bâtiment résidentiel, 6 étages
  Structure de béton
  Revêtement de ciment acrylique sur isolation
  Fenêtre à battant de PVC
  Colombages d'acier
  Dimensions: largeur = 800mm
  hauteur = 1200mm

Dans cet exemple nous vous présentons les détails de construction qui découlent de la même démarche que l'exemple numéro 1.



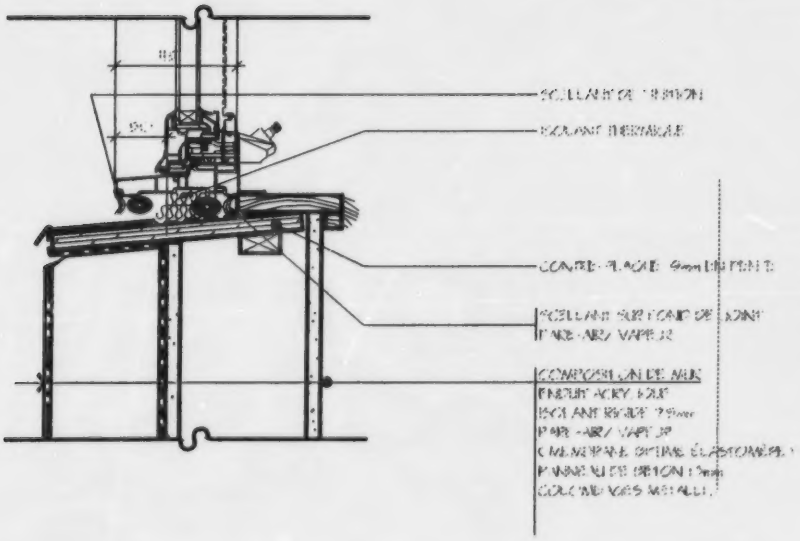
FENÊTRE À BATTANT EN P.V.C. JAMBAGE (EX. #2)

1:5



FENÊTRE À BATTANT EN P.V.C. SEUIL (EX. #2)

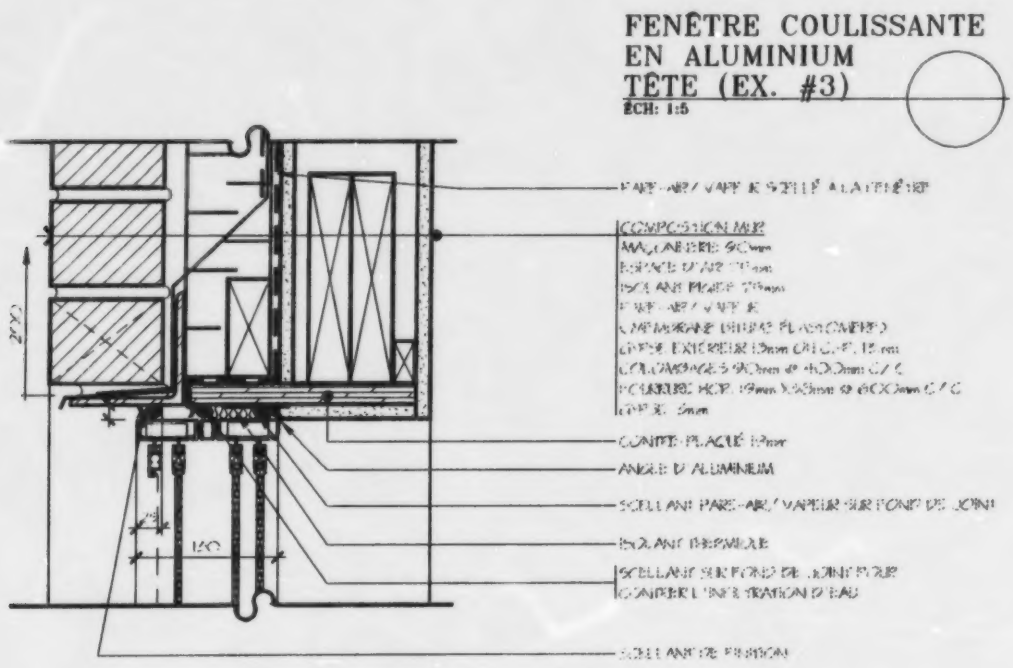
1:5



4.3.1 Exemple #3

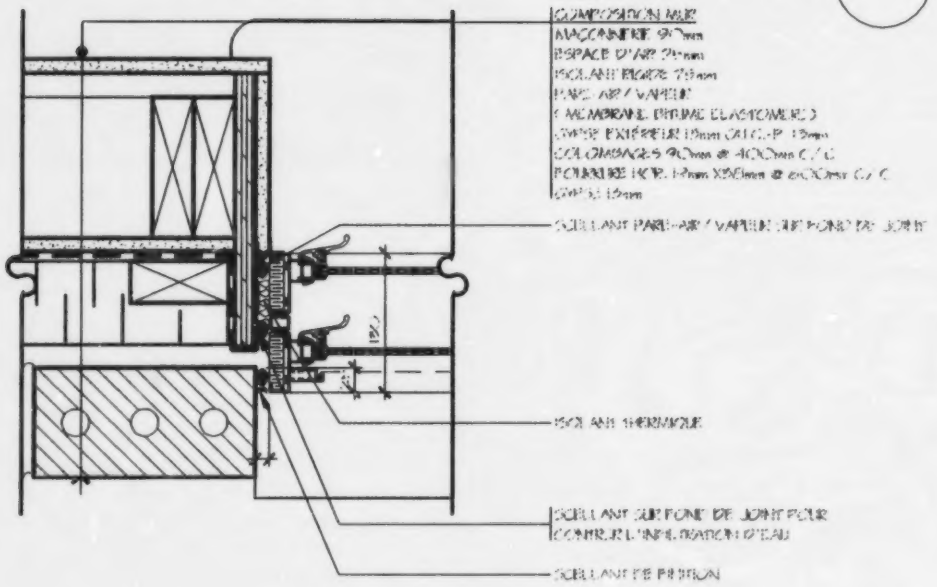
- **Exemple no.3:**
  Bâtiment résidentiel, 3 étages
  Structure de bois
  Revêtement de maçonnerie
  Fenêtre coulissante en aluminium
  Dimensions: largeur = 1500mm
  hauteur = 1200mm

Dans cet exemple nous vous présentons les détails de construction qui découlent de la même démarche que l'exemple numéro 1.



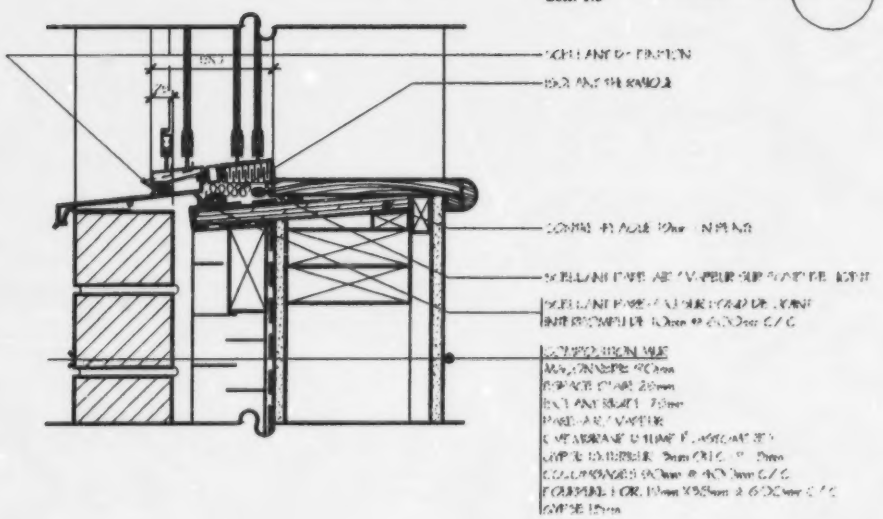
FENÊTRE COULISSANTE EN ALUMINIUM JAMBAGE (EX. #3)

ÉCH: 1:5



FENÊTRE COULISSANTE EN ALUMINIUM SEUIL (EX. #3)

ÉCH: 1:5



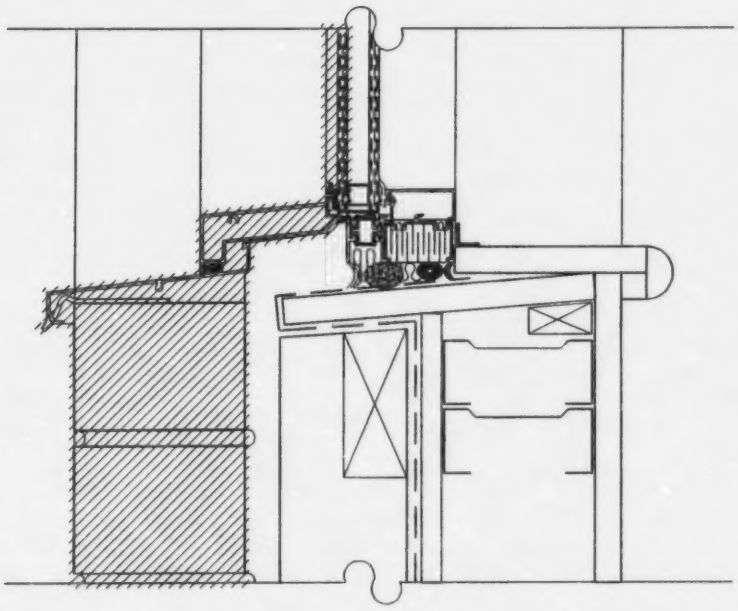
Chapitre 5

CONCLUSION

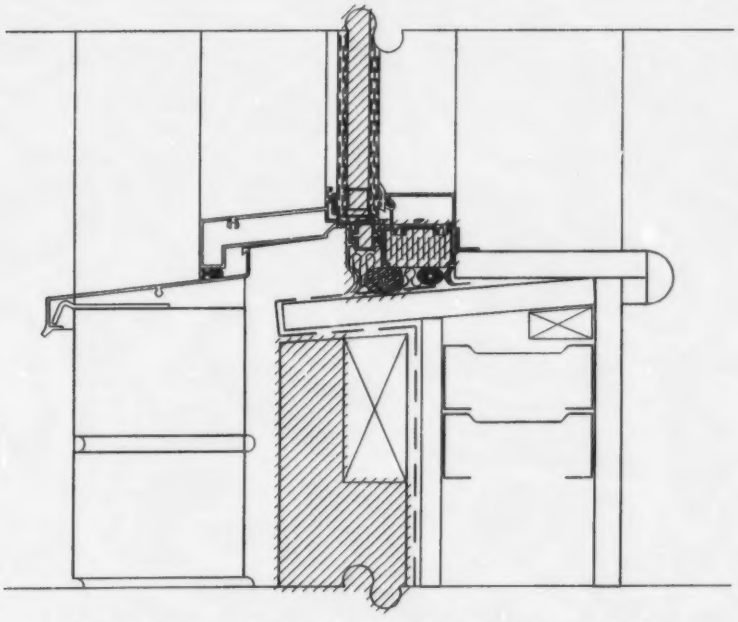
Le joint a certes une importance primordiale dans le bon fonctionnement de l'enveloppe de bâtiment; il faudrait retenir que ce joint fait partie intégrante de cette enveloppe et que les six fonctions principales de celle-ci passe par ce joint. Nous vous rappelons que ces fonctions sont:

- revêtement intérieur
- structure du mur
- pare-vapeur
- pare-air
- isolation thermique
- parement extérieur

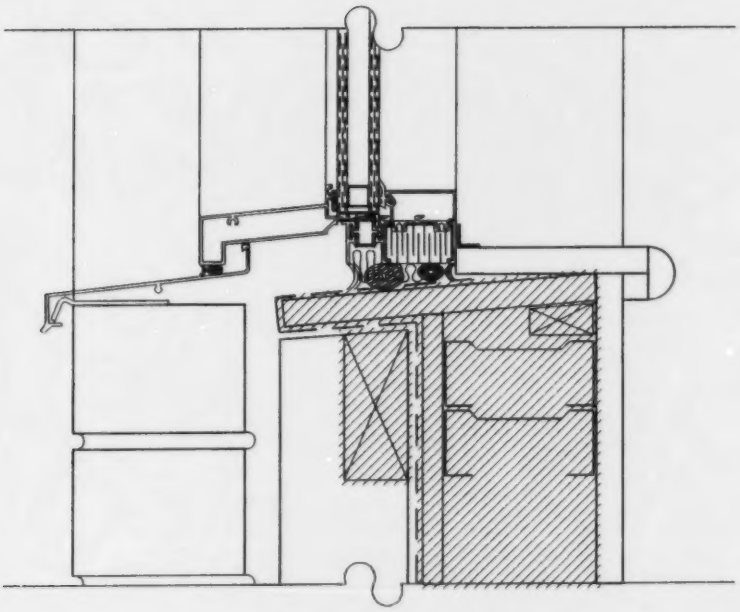
Ces fonctions ont un point en commun: la CONTINUITÉ. Toute discontinuité peut créer un désordre pouvant détériorer l'enveloppe rapidement et cela, relativement aux conditions d'environnement intérieur et extérieur.



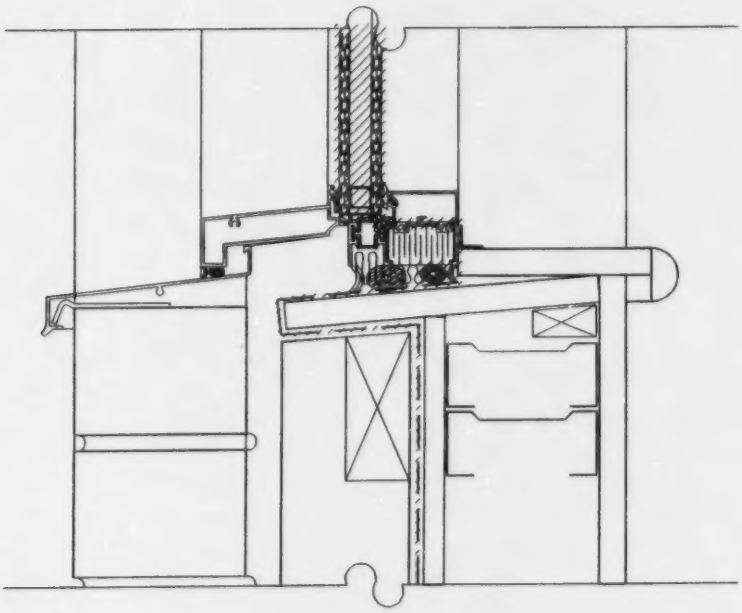
REVÊTEMENT EXTÉRIEUR



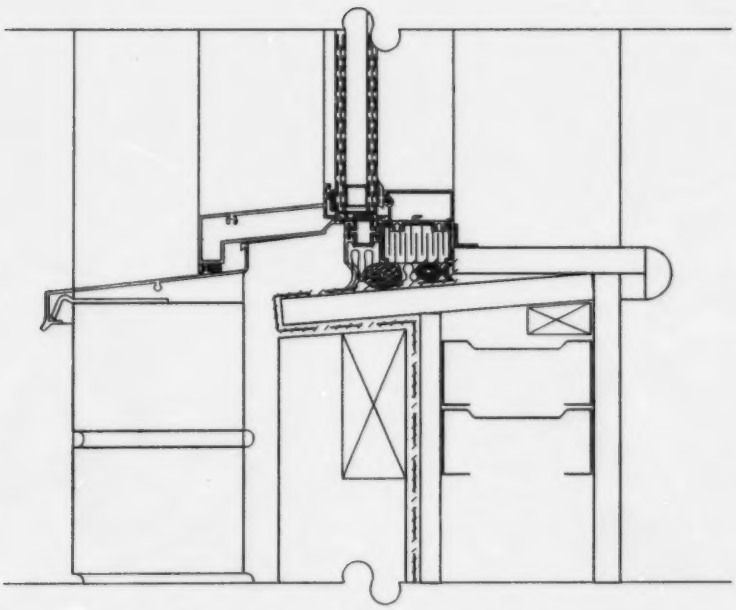
ISOLATION THERMIQUE



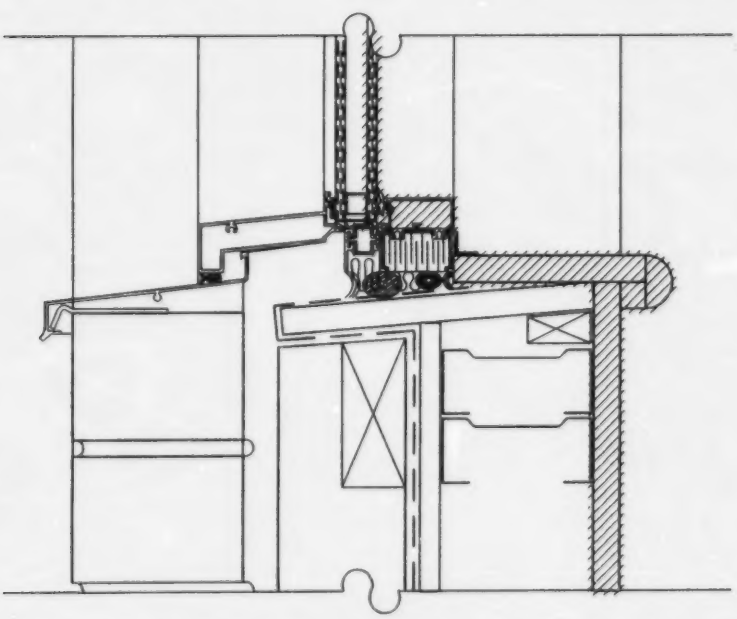
STRUCTURE



PARE–AIR



PARE–VAPEUR



REVÊTEMENT INTÉRIEUR

ANNEXE A
PÉNÉTRATION DE L'EAU DE PLUIE

1.1 LES CAUSES

1.1.1 PÉNÉTRATION D'EAU DE PLUIE

Le problème de pénétration d'eau de pluie est certe celui que l'on peut percevoir le plus fréquemment dans les anciens et nouveaux bâtiments et dont la correction représente des coûts élevés pour le Propriétaire.

Les principales causes de pénétration d'eau peuvent être résumées ainsi :

A) MAUVAISE CONCEPTION DU SYSTÈME PERMETTANT D'ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'EAU

On reconnaît habituellement deux systèmes d'étanchéité, soient : le système d'étanchéité à l'air et à l'eau qui est réalisé du côté extérieur de la façade et, le système d'étanchéité respectant le concept d'écran pluvial.

SYSTÈME D'ÉTANCHÉITÉ EXTÉRIEUR

Dans le cas où le concepteur opte pour le système d'étanchéité externe (voir figure 1), il est primordial que ce joint soit réalisé avec perfection et qu'il y ait maintien de la perfection de ce joint durant la vie utile ou escomptée, si l'on veut prévenir tout problème de pénétration d'eau.

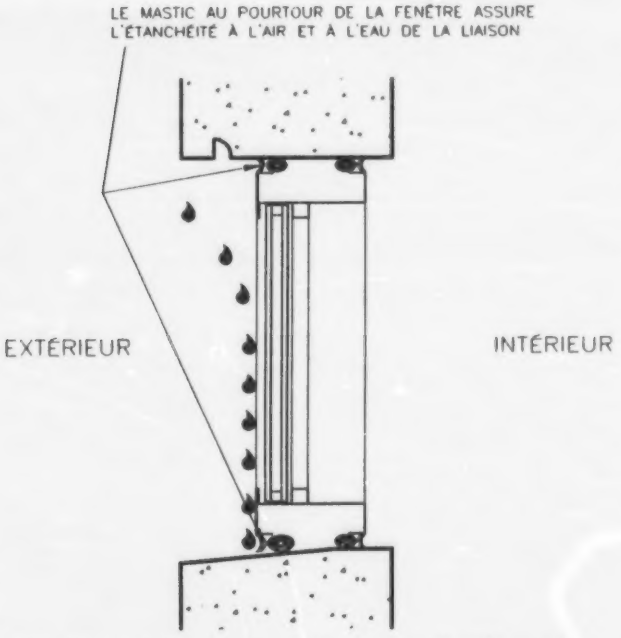


FIGURE 1 : SYSTÈME D'ÉTANCHÉITÉ EXTERNE

Pour ce système d'étanchéité à l'eau, toute discontinuité dans le joint de mastic en présence de pluie battante entraînera un problème de pénétration d'eau vers l'intérieur du bâtiment.

Le système d'étanchéité externe est donc très vulnérable au problème de pénétration d'eau et l'emploi de celui-ci devrait être limité aux applications qui respectent les critères suivants : faible indice de pluie battante, la fenêtre est fortement abritée par la façade du bâtiment, les joints d'étanchéité sont réalisés en usine dans une ambiance contrôlée, les surfaces sont propres et les propriétés du mastic présentent une durabilité à toutes conditions d'exposition. Évidemment, la très grande majorité des applications ne respectent pas les critères énoncés ci-dessus, d'où l'impossibilité d'assurer la durabilité du joint vis-à-vis la résistance à la pénétration d'eau.

Conclusion :

Le système d'étanchéité externe doit donc être utilisé avec réserve et en toute connaissance vis-à-vis les coûts d'entretien et désagréments futurs quant à ce concept. Suivant l'expérience acquise durant les vingt dernières années, ce système ne permet pas d'assurer le maintien de la résistance à la pénétration d'eau et de ce fait est considéré comme une mauvaise conception.

SYSTÈME RESPECTANT LE CONCEPT D'ÉCRAN PLUVIAL

Le système d'étanchéité à l'eau respectant le concept d'écran pluvial (voir figure 2) comprend :

- un joint extérieur, lequel a pour fonction de minimiser la pénétration d'eau dans la cavité en contrôlant toutes les forces qui agissent sur l'eau qui tend à s'infiltrer tout en permettant l'évacuation de l'eau en partie basse vers l'extérieur du bâtiment;

- un joint intérieur, lequel a pour fonction de minimiser l'infiltration d'air à travers l'assemblage et d'équilibrer la pression dans la cavité avec celle de l'extérieur du bâtiment ($p_c \approx p_{EXT}$).

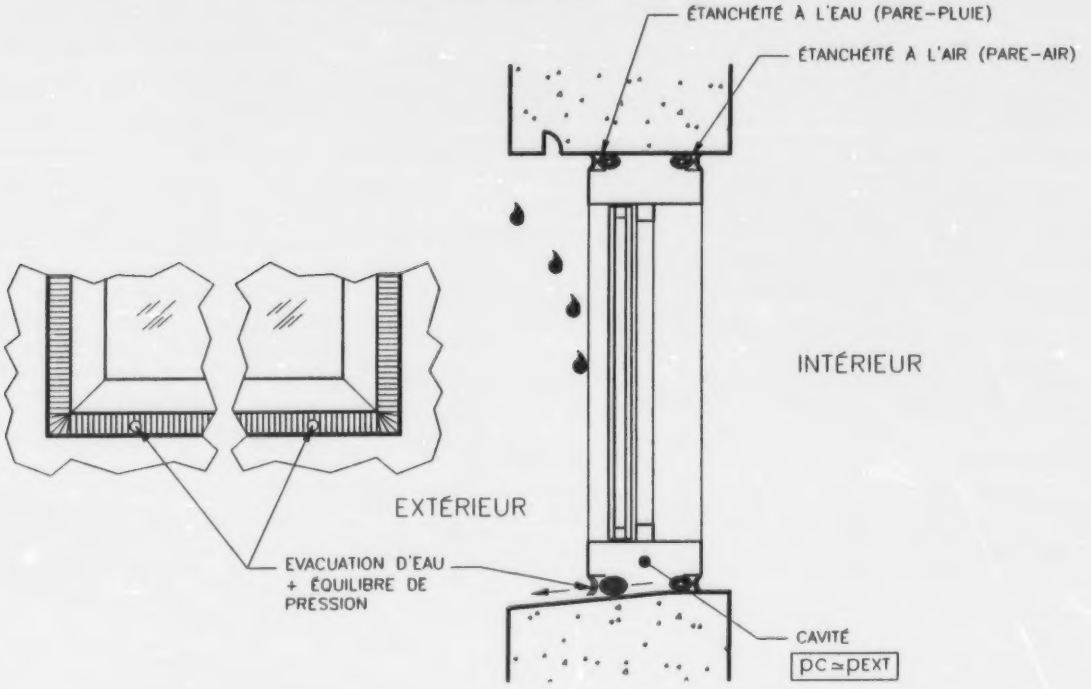


FIGURE 2 : SYSTÈME RESPECTANT LE CONCEPT D'ÉCRAN PLUVIAL

Bien que ce système d'étanchéité requière deux joints distincts dont l'un assure l'étanchéité à l'eau et l'autre l'étanchéité à l'air, d'où un coût de réalisation plus important, celui-ci permettra d'atteindre les plus hauts sommets vis-à-vis le critère de résistance à la pénétration et ceci possiblement pour la durée escomptée de l'enveloppe du bâtiment.

Ce système est donc de beaucoup supérieur au système d'étanchéité extérieur à plusieurs égards :

- la pénétration d'eau de pluie occasionnelle dans la cavité, due à une discontinuité dans le joint de mastic extérieur (pare-pluie) pourra dans la plupart des cas être évacuée par les orifices situés en partie basse. Ceci implique que le système d'étanchéité à l'eau demeure fonctionnel en présence de discontinuités extérieures dans le joint de mastic;
- les mouvements différentiels entre la fenêtre et le gros œuvre dus aux variations de température (et/ou de teneur en eau) sont beaucoup plus petits pour le joint d'étanchéité intérieur, d'où la possibilité de sélectionner un mastic dont la capacité de mouvement de ce joint soit plus basse;
- le joint de mastic permettant d'assurer l'étanchéité à l'air (pare-air) n'est pas assujetti au rayonnement solaire (rayons UV) et aux divers polluants atmosphériques que l'on retrouvent à l'extérieur du bâtiment. Étant donné que la plupart des mastics sont altérés par les rayons UV et certains polluants, la probabilité de maintien des qualités du mastic intérieur s'en trouve accru;
- étant donné que le joint de mastic intérieur (pare-air) sera soumis à des variations de température beaucoup plus faible que le joint de mastic extérieur, l'augmentation du module d'élasticité du mastic intérieur en période hivernale sera d'autant plus faible, d'où une contrainte d'adhésion et/ou de cohésion de ce mastic beaucoup plus près des conditions où cette propriété est mesurée;
- la présence du joint de mastic intérieur (pare-air) permet de prévenir qu'il y ait mouvement de l'air intérieur par convection naturelle vers la cavité de liaison, d'où une réduction du potentiel de condensation superficielle sur les surfaces cachées du dormant.

Conclusion

Le système d'étanchéité respectant le concept d'écran pluvial est plus performant à court et long terme. L'augmentation du coût de réalisation associée à cette méthode est largement compensée par la performance de ce système à long terme et permet d'éliminer les coûts d'entretien et les nombreux désagréments associés au problème de pénétration d'eau.

B) SOLIN DE TÊTE DÉFECTUEUX

La fonction du solin située à la tête d'une fenêtre est de recueillir l'eau de façon à prévenir qu'il n'y ait pas d'accumulation d'eau sur la tête du dormant et, de diriger le ruissellement d'eau de la cavité murale vers l'extérieur du parement (voir figure3).

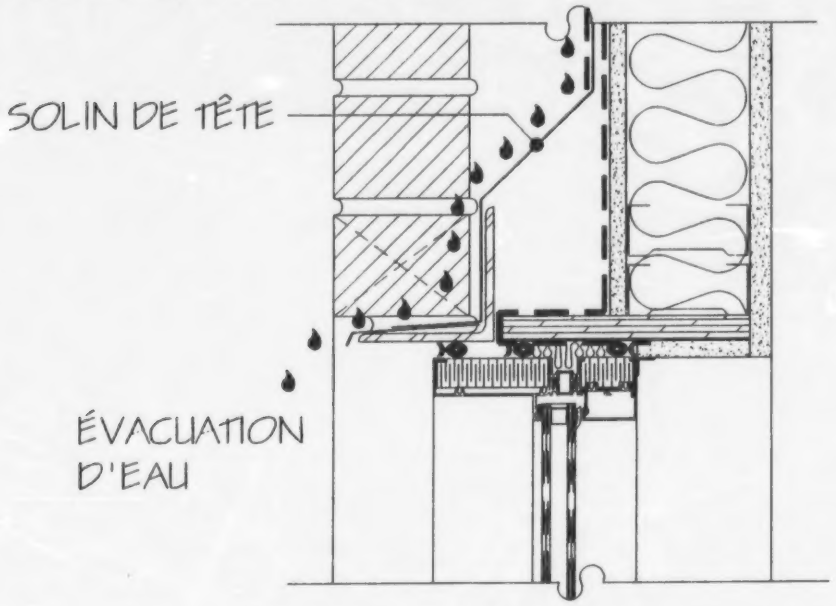


FIGURE 3 : SOLIN DE TÊTE

Toute discontinuité dans le solin de tête en présence de ruissellement d'eau dans la cavité entraîne une accumulation d'eau sur la tête du dormant, laquelle pourra ruisseler sur les montants du dormant et/ou vers l'intérieur du bâtiment.

C) FISSURATION DES JOINTS DE MASTIC

La fissuration des joints de mastic peut être associée à plusieurs causes secondaires, lesquelles sont :

- mauvaise conception du joint;

La figure 4 illustre une technique de liaison sujette à la fissuration du mastic lors d'un mouvement différentiel entre le dormant et le gros œuvre.

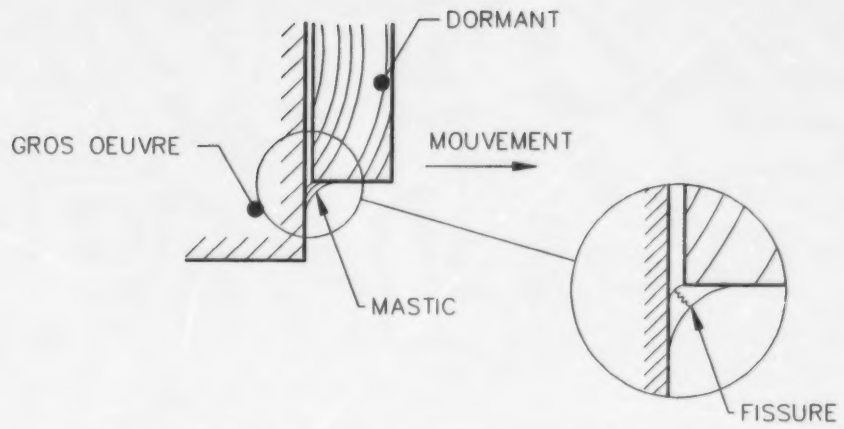


FIGURE 4 : MAUVAISE CONCEPTION DU JOINT

- manque d'adhésion du mastic à l'un des substrats;
- module d'élasticité du mastic trop élevé, d'où une contrainte plus élevée que la limite élastique lors d'une déformation ou mouvement donné. La fissure peut se produire à la jonction du mastic avec l'un des substrats (rupture d'adhésion), dans le mastic (rupture de cohésion) ou dans l'un des substrats;
- le mouvement répété des substrats excède la capacité de mouvement du mastic utilisé. Le type de rupture dans ce cas résulte dans la masse du mastic (cohésion);
- le vieillissement du mastic en fonction du temps d'exposition et de l'intensité du polluant (UV, concentration) a pour effet de réduire ou modifier les propriétés de plusieurs types de mastics. Les propriétés visées sont : la capacité de mouvement et le module d'élasticité. Toute diminution dans ces propriétés pourra provoquer la rupture du mastic (adhésion ou cohésion).

1.2.2 INFILTRATION OU EXFILTRATION D'AIR AU POURTOUR DU DORMANT DE LA FENÊTRE

Pour un bâtiment et une exposition donné, le taux d'infiltration ou d'exfiltration d'air au pourtour d'une fenêtre est directement proportionnel à la surface transversale des discontinuités que l'on retrouve dans le système pare-air au voisinage immédiat de la liaison

fenêtre versus gros œuvre, d'où l'importance d'assurer la continuité de cette liaison.

Pour les murs construits selon le concept d'écran pluvial, l'un des principaux défauts que l'on peut reprocher à la plupart des Constructeurs et des Architectes est l'absence de continuité du système pare-air à la liaison fenêtre versus gros œuvre. Bien que la plupart des intervenants aient compris qu'il est nécessaire de permettre l'évacuation d'eau en partie basse des cavités murales, il semble que la nécessité d'assurer la continuité du système pare-air à la liaison fenêtre versus gros œuvre soit incomprise ou non requise.

La figure 5 illustre le type de construction fréquemment réalisé au Canada.

Tel qu'illustrée, on peut observer l'absence de continuité du système pare-air au périmètre intérieur du dormant de la fenêtre. La présence d'isolation thermique en périphérie du dormant obstrue partiellement le passage de l'air mais ne permet pas d'assurer l'étanchéité désirée pour cette liaison.

L'absence de la continuité du pare-air à l'interface fenêtre versus gros œuvre a pour effet :

- d'augmenter appréciablement les coûts de chauffage et de climatisation;
- de réduire la résistance effective de l'isolation thermique au pourtour de la fenêtre, d'où une diminution de la température des surfaces et une augmentation du potentiel de condensation superficielle sur les surfaces intérieures du dormant (infiltration);
- Lorsque le bâtiment est en situation de pressurisation par rapport à l'extérieur, l'exfiltration d'air chaud et humide aura pour effet d'augmenter le potentiel de condensation superficielle (ou de givre) sur les parties froides du dormant (côté extérieur de la coupure thermique) et sur la face arrière du parement de brique;
- d'augmenter le potentiel de pénétration d'eau de pluie.

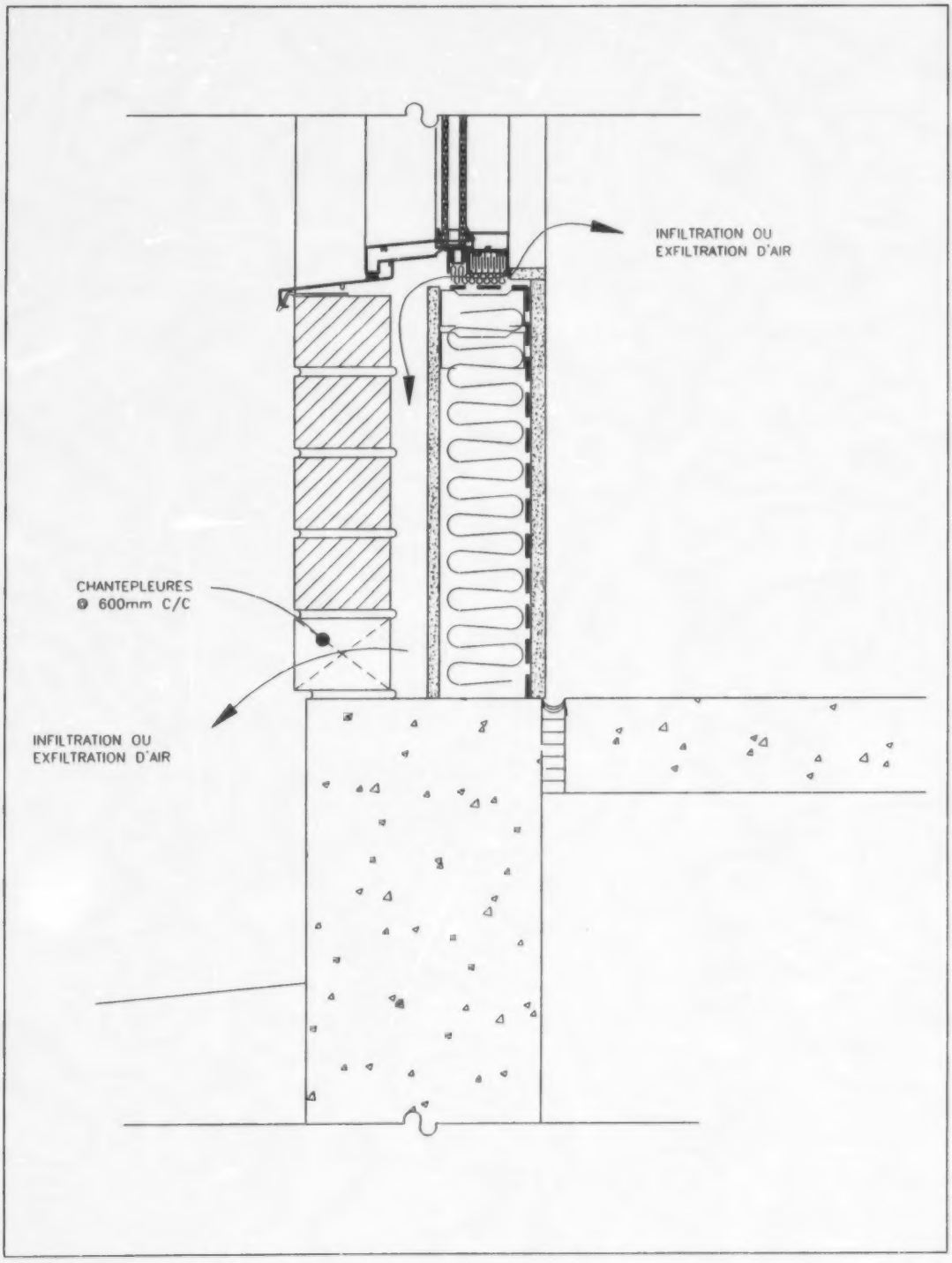

INFILTRATION OU
EXFILTRATION D'AIR
CHANTEPLEURES
Ø 600mm C/C
INFILTRATION OU
EXFILTRATION D'AIR

FIGURE 5 :

1.2.2 CONDENSATION SUPERFICIELLE

A) CONDENSATION SUR LES SURFACES INTÉRIEURES

À l'exception d'un taux d'humidité relative trop élevé de l'ambiance interne et d'une protection intérieure inadéquate de la fenêtre, le problème de condensation superficielle peut être provoqué par une ou plusieurs des causes suivantes :

- mauvais positionnement de la fenêtre dans la baie;
- manque d'isolation thermique au pourtour de la fenêtre;
- taux d'infiltration d'air élevé dû à l'absence de continuité du pare-air au pourtour de la fenêtre;
- mouvement d'air froid important dans la cavité murale ayant pour effet de réduire la résistance thermique effective de l'isolation thermique et de diminuer la température des surfaces intérieures du dormant.

B) CONDENSATION SUR LES SURFACES CACHÉES

La condensation et/ou la formation de givre sur les surfaces cachées (pourtour du dormant, face intérieure du parement) est d'abord causée par la présence de discontinuités dans le système pare-air et par la présence d'une pression différentielle qui tend à véhiculer l'air chaud et humide vers l'extérieur du bâtiment (exfiltration).

En situation de pressurisation du bâtiment par rapport à l'extérieur, ce type de condensation superficielle est provoqué par la présence de discontinuités dans le système pare-air au pourtour de la fenêtre et/ou à travers les composants opaques de l'enveloppe.

1.3 CONCLUSIONS

L'étude des causes et effets associés aux nombreux problèmes provoqués par des mauvais détails de liaison entre la fenêtre et le gros œuvre nous permet de faire ressortir les points suivants :

- la continuité du pare-air à l'interface fenêtre versus gros œuvre est primordiale pour l'ensemble des problèmes énoncés;
- le contrôle sur une base durable de l'étanchéité à l'air et de la résistance à la pénétration d'eau requiert que dans la majorité des applications on fasse appel au concept de l'écran pluvial;
- un soin particulier devra être apporté aux choix des matériaux, aux dessins de détails et à l'exécution des liaisons visées pour assurer le maintien des qualités de l'enveloppe.

ANNEXE B
THÉORIE SUR LES MASTICS

a) CAUSES GÉNÉRALES DE FISSURATION DES MASTICS:

- Mauvaise conception du joint;
- manque d'adhésion du mastic à l'un des substrats;
- module d'élasticité du mastic trop élevé, d'où une contrainte plus élevée que la limite élastique lors d'une déformation ou mouvement donné. La fissure peut se produire à la jonction du mastic avec l'un des substrats (rupture d'adhésion), dans le mastic (rupture de cohésion) ou dans l'un des substrats;
- le mouvement répété des substrats excède la capacité de mouvement du mastic utilisé. Le type de rupture dans ce cas résulte dans la masse du mastic (cohésion);
- le vieillissement du mastic en fonction du temps d'exposition et de l'intensité du polluant (UV, concentration) a pour effet de réduire ou modifier les propriétés de plusieurs types de mastics. Les propriétés visées sont: la capacité de mouvement et le module d'élasticité. Toute diminution dans ces propriétés pourra provoquer la rupture du mastic (adhésion ou cohésion).

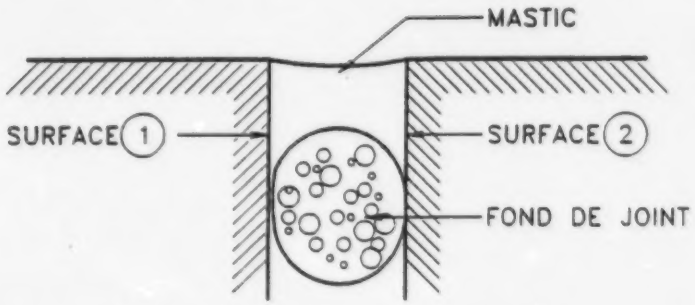
CONCEPTION DES JOINTS ET CHOIX DU MASTIC

CONCEPTION DES JOINTS

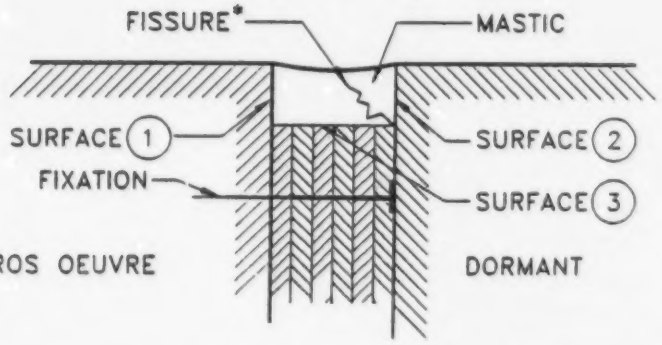
A) FOND DE JOINT

Quelque soit la nature du mastic utilisé lors de la mise en oeuvre, il est primordial d'éviter qu'il y ait adhérence du mastic sur une surface autre que les deux surfaces visées. Pour remplir cette fonction, on doit utiliser un matériau de remplissage appelé "fond de joint" afin que le produit d'étanchéité ait une bonne configuration et pour empêcher qu'il y ait une adhérence sur trois côtés. La bonne configuration de la coupe transversale du mastic est la même que celle d'un biconcave.

BON

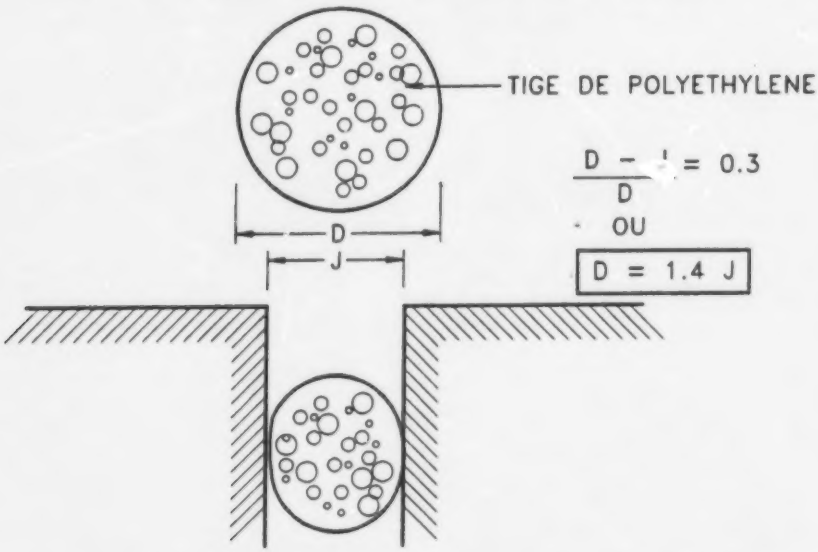


MAUVAIS

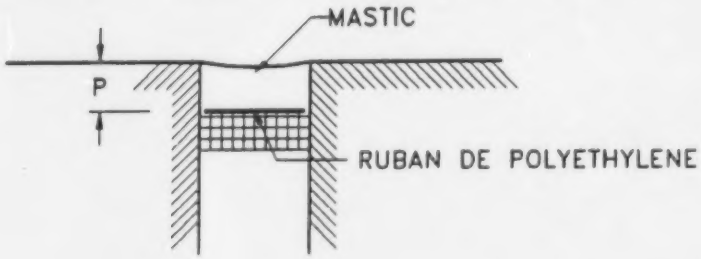


* Lorsqu'il y a adhérence sur les surfaces 2 et 3, alors qu'il y a mouvement relatif entre ces surfaces, une fissure ayant pour origine la rencontre de ces deux surfaces prendra place.

Le fond de joint consistera en une tige de polyéthylène à cellules fermées dont la compression initiale lors de la mise en oeuvre se situe entre 25 et 35%

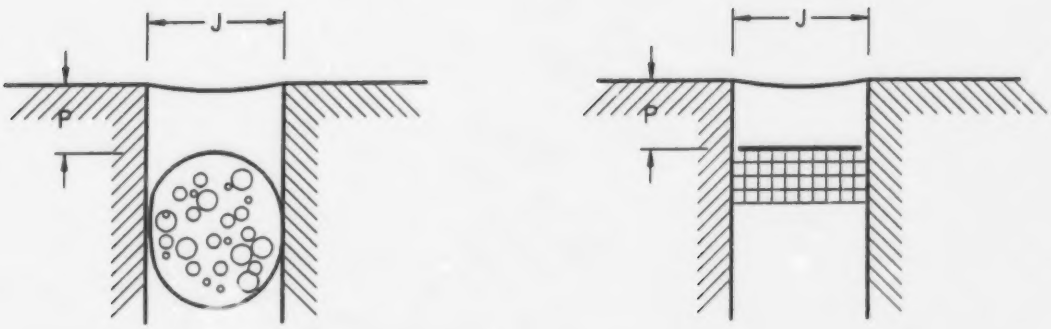


Lorsque la profondeur du joint (P) empêche l'insertion d'une tige de polyéthylène, on devra installer un ruban brise-adhérence afin d'empêcher l'adhérence du mastic sur trois faces. Le ruban adhésif de polyéthylène est recommandé pour ces joints.



B) RAPPORT PROFONDEUR VERSUS LARGEUR DU JOINT

Afin de minimiser le gaspillage de mastic et d'optimiser la résistance du mastic (adhésion et cohésion) il est primordial de suivre les recommandations du fabricant concernant l'épaisseur minimum et maximum du produit d'étanchéité. Règle générale, le rapport de la largeur du joint (J) à la profondeur (P) du produit d'étanchéité est d'environ 2 à 1. Néanmoins, la profondeur du joint ne devra jamais être inférieure à 3 mm ou supérieure à 12 mm.



$$\frac{J}{P} \simeq 2$$

$$P_{MIN.} = 3 \text{ mm}$$

$$P_{MAX} = 12 \text{ mm}$$

C) PRÉPARATION DES SURFACES

Les surfaces devant être liées doivent être propres, sèches et exemptes de matières étrangères. Communiquez avec le représentant technique du fabricant pour l'utilisation des solvants requis pour assurer la propreté des surfaces.

Lorsqu'une couche d'apprêt s'impose, celle-ci devra être appliquée conformément aux directives renfermées dans les feuilles de renseignements du fabricant.

Lorsqu'il est désirable d'obtenir une ligne de démarcation nette, les endroits entourant le joint devront être recouverts de papier-cache, de préférence avant la pose de l'apprêt.

D) APPLICATION ET FAÇONNAGE DU MASTIC

La plupart des agents d'étanchéité pour la construction peuvent s'appliquer directement, à l'aide de cartouche à calfeutrer: aucune nécessité de les mélanger. Suivre les recommandations du fabricant en ce qui concerne la température d'application tout en vous assurant que les surfaces soient sèches et dépourvues de givre.

Immédiatement après la mise en oeuvre du mastic, il est recommandé de façonner celui-ci afin d'assurer un contact parfait sur les surfaces à joindre. Pour des instructions spécifiques, consulter le fabricant.

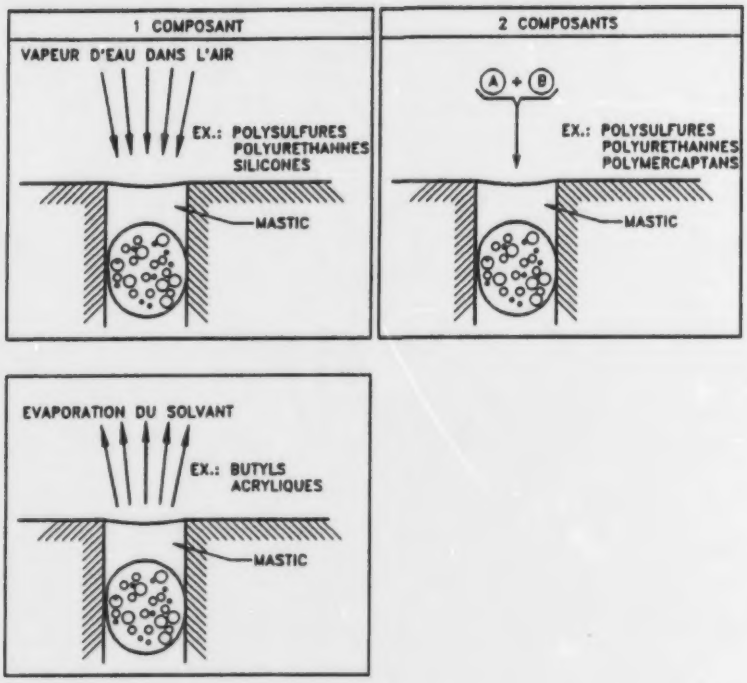
Après le façonnage, enlever immédiatement le mastic excédentaire ou les souillures adjacentes aux joints, à l'aide du solvant approprié, au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

CHOIX DU MASTIC

A) INTRODUCTION

Les produits de calfeutrement converts ont pour seule fonction de créer une barrière permanente qui s'oppose au passage de l'eau, de l'air, du bruit et de la poussière.

Ils se composent d'une charge inerte (amiante, craie, kaolin, talc...) et d'un liant (huile, goudron, élastomère de synthèse). Aujourd'hui, la plupart des mastics utilisent des liants du type élastomère de synthèse. Ces liants polymérisent ou mûrissent soit en présence de l'humidité de l'air ou en relâchant un solvant lorsqu'ils sont à un seul composant, soit sous l'action d'un agent de polymérisation introduit au moment de l'emploi lorsqu'ils sont à deux composants.



B) PROPRIÉTÉS RECHERCHÉES

Parmi les nombreuses propriétés à examiner au moment de la sélection d'un mastic, les plus importantes sont:

a) l'adhérence aux surfaces à lier,
b) la nécessité d'une couche d'apprêt,
c) l'imperméance à l'air et à la vapeur d'eau,
d) l'élasticité en fonction de la température d'opération,
e) la résistance à la tension, à la compression, au cisaillement,
f) l'élongation maximale admissible en service sous l'effet des variations dimensionnelles alternées (E_{MAX}),
g) l'élongation maximale singulière provoquant la rupture,
h) déformation rémanente après compression,
i) résistance à l'abrasion,
j) résistance aux intempéries et aux agents chimiques,
k) comptabilité chimique avec les autres matériaux,

l) toxicité, inflammabilité et stabilité de la couleur,
m) couleurs disponibles,
n) facilité d'enlèvement et/ou de réparation,
o) tachage,
p) affaissement,
q) perte de poids après mûrissement,
r) temps de mûrissement en surface et en profondeur,
s) facilité de mise en oeuvre,
t) température minimale et maximale d'application,
u) durée de stockage,
v) adhésion de la peinture.

Bien que toutes ces propriétés soient importantes, seules les plus critiques seront analysées.

La plus importante est la capacité du produit d'étanchéité à absorber les mouvements différentiels alternés d'une manière élastique (E_{MAX}). Après que l'installateur ou le fabricant s'est assuré que le produit possède des caractéristiques de mouvement adéquates, d'autres propriétés comme l'adhérence, la perméance à l'air et à la vapeur d'eau, la cohésion, le module d'élasticité, la déformation rémanente après compression et la résistance aux intempéries interviennent dans le choix du produit.

Dans les cas des produits à haute performance, il arrive souvent qu'une bonne adhérence aux surfaces adjacentes exige que celles-ci soient enduites d'un apprêt.

Bien que la perméance à l'air et/ou à la vapeur d'eau peut varier énormément en fonction de la nature du mastic, la valeur résultante est toujours très faible, quelque soit le mastic choisi. C'est donc dire que l'infiltration ou l'exfiltration d'air à travers le joint est négligeable lorsqu'il y a adhérence du mastic sur les deux surfaces adjacentes.

En ce qui concerne le module d'élasticité on doit chercher à utiliser un matériau le plus élastique possible (faible module), de façon à minimiser les contraintes de traction ou de compression dans le mastic, ainsi que pour minimiser les efforts de traction ou de compression sur le dormant.

La résistance aux intempéries dépend du type d'exposition auquel le produit est soumis. Cela inclut les fluctuations de température et d'humidité, l'exposition aux ultraviolets et les polluants atmosphériques. La durée de vie de certains produits et leur capacité de résister au mouvement du joint sont diminués par une exposition trop violente.

C) CLASSIFICATION DES MASTICS

Il existe plusieurs méthodes de classification pour les mastics (E_{MAX}), module d'élasticité en traction, module d'élasticité en traction, module d'élasticité en cisaillement, affaissement.

La méthode la plus commune est la première, i.e. suivant l'élongation maximale admissible en service sous l'effet des variations dimensionnelles alternées (E_{MAX}). Le tableau 8 illustre la classification des mastics suivant cette méthode. Les tableaux 9, 10 et 11 donnent quelques caractéristiques des différents mastics.

TABLEAU 8: CLASSIFICATION DES MASTICS SUIVANT E_{MAX}

CLASSIFICATION	MOUVEMENTS DIFFÉRENTIELS ANTICIPÉS (%)	EXEMPLES DE MASTICS (%)
Basse performance	± 5	Mastics à base d'huile (±3), latex acrylique (±5)
Moyenne performance	± 5 à 12.5	Composés butyliques (±10), acrylique (évaporation de solvant ±12.5)
Haute performance	± 12.5 à 50	Polysulfures (±20 à ±25) Polyuréthannes (±25 à ±40) Silicones (±25 à ±50) Polymercaptans

TABLEAU 9: PROPRIÉTÉS DES PRODUITS D'ÉTANCHÉITÉ COURANTS

TYPE DE PRODUIT D'ÉTANCHÉITÉ	BASSE PERFORMANCE	
	À base d'huile 1 composant	Latex (acrylique) 1 composant
Jeu maximal en %	±3	±5
Largeur maximale du joint en mm	12 à 18	12 à 18
Durée en années	2 à 5	3 à 7
Températures d'emploi en °°C°	-18 à 66	-17 à 71
Températures d'application recommandées en °C (certains produits doivent être chauffés aux températures les plus basses)	4 à 49	4 à 49
Temps de séchage* hors-poisse en heures	6 à 12	½ à 1
Temps de durcissement* pour la performance prévue en jours	continu	5
Retrait en %	5	20
Dureté à l'état neuf (1 à 6 mois), échelle °A° à 75°F		15 à 40
Dureté après vieillissement (5 ans), échelle °A° à 75°F		30 à 50
Résistance à l'allongement à basse température	très élevée	élevée
Apprêt sur substrat pour une parfaite adhérence du produit: à la maçonnerie au métal au verre	non non non	non non non
Solvant pour nettoyer le substrat avant application (essayer d'abord le nettoyage à sec)	essences minérales	eau savonneuse
Normes canadiennes applicables	CAN/CGSB-19.2-M87	CAN/CGSB-19.17M90

*Varie selon la température et l'humidité - Temps requis pour la formation d'une peau de surface

TABLEAU 10: PROPRIÉTÉS DES PRODUITS D'ÉTANCHÉITÉ COURANTS

TYPE DE PRODUIT D'ÉTANCHÉITÉ	PERFORMANCE MOYENNE	
	Composé butylique (formation de peaux) 1 composant	Acrylique (léchage du solvant) 1 composant
Jeu maximal en %	±7.5 à ±10	±7.5 à ±12.5
Largeur maximale du joint en mm	12 à 18	18
Durée en années	5 à 10	5 à 20
Températures d'emploi en °°C°	-29 à 82	-29 à 82
Températures d'application recommandées en °C (certains produits doivent être chauffés aux températures les plus basses)	4 à 49	-18*** à 49
Temps de séchage* hors-poisse en heures	24	12 à 36
Temps de durcissement* pour la performance prévue en jours	continu	14
Retrait en %	20	12 à 15
Dureté à l'état neuf (1 à 6 mois), échelle "A" à 75°F	10 à 40	25 à 50
Dureté après vieillissement (5 ans), échelle "A" à 75°F	30 à 50	30 à 60
Résistance à l'allongement à basse température	moyenne à élevée	moyenne à élevée
Apprêt sur substrat pour une parfaite adhérence du produit: à la maçonnerie au métal au verre	non non non	non non non
Solvant pour nettoyer le substrat avant application (essayer d'abord le nettoyage à sec)	essences minérales	xylène, toluène
Normes canadiennes applicables	19-GP-14M	19-GP-5M

*Varie selon la température et l'humidité - Temps requis pour la formation d'une peau de surface
***Pour application sous 10°C, les produits sont habituellement chauffés; sinon appliqués entre 4 et 49°C

TABLEAU 11: PROPRIÉTÉS DES PRODUITS D'ÉTANCHÉITÉ COURANTS

TYPE DE PRODUIT D'ÉTANCHÉITÉ	HAUTE PERFORMANCE				
	Polysulfure 1 composant	Polysulfure 2 composants	Polyuréthanne 1 composant	Polyuréthanne 2 composants	Silicone 1 composant
Jeu maximal en %	±20	±25	±25	±25	±25 (±40)**
Largeur maximale du joint en mm	12 à 25	18	12 à 36	50	30
Durée en années	10 à 20	10 à 20	10 à 20	10 à 20	10 à 25
Températures d'emploi en °°C"	-40 à 82	-40 à 82	-40 à 82	-40 à 82	-54 à 177
Températures d'application recommandées en °C (certains produits doivent être chauffés aux températures les plus basses)	4 à 49	4 à 49	4 à 49	4 à 49	-29 à 71
Temps de séchage* hors-poisse en heures	12 à 24	24 à 48	12 à 48	24 à 48	15 min à 1 h
Temps de durcissement* pour la performance prévue en jours	30 à 45	7	8 à 14	3 à 5	5 à 14
Retrait en %	8 à 12	nul à 10	nul à 5	nul à 5	nul à 5
Dureté à l'état neuf (1 à 6 mois), échelle "A" à 75°F	20 à 45	20 à 45	20 à 45	20 à 45	15 à 45
Dureté après vieillissement (5 ans), échelle "A" à 75°F	25 à 55	20 à 55	20 à 55	20 à 55	15 à 45
Résistance à l'allongement à basse température	faible à élevée	faible à moyenne	faible à moyenne	faible à élevée	faible
Apprêt sur substrat pour une parfaite adhérence du produit:					
à la maçonnerie	oui	oui	non	peut-être	peut-être
au métal	peut-être	peut-être	non	peut-être	peut-être
au verre	peut-être	peut-être	non	peut-être	non
Solvant pour nettoyer le substrat avant application (essayer d'abord le nettoyage à sec)	xylène, toluène	xylène, toluène	xylène, toluène	xylène, toluène	xylène, toluène, butanone
Normes canadiennes applicables	CAN/CGSB-19.13-M87	CAN/CGSB-13.24-M90	CAN/CGSB=19.13-M87	CAN/CGSB-19.24-M90	CAN/CGSB-19.13-M87

*Varie selon la température et l'humidité - Temps requis pour la formation d'une peau de surface

**Le jeu maximal indiqué entre parenthèses est pour les produits à faible module d'élasticité. Certains produits ont une tolérance encore plus élevée.

D) NORMES APPLICABLES

Le mastic utilisé devra respecter l'une des normes de références suivantes:

CGSB 19-GP-5M -	Mastic d'étanchéité, à un seul composant, à base acrylique, à polymérisation par évaporation de solvant.
CAN/CGSB-19.13-M87 -	Mastic d'étanchéité à un seul composant, élastomère, à polymérisation chimique.
CGSB 19-GP-14M -	Mastic d'étanchéité, à un seul composant, à base de butyl polyisobutylène, à polymérisation par évaporation du solvant.
CAN/CGSB-19.17-M90 -	Mastic d'étanchéité, à un composant, à base d'une émulsion aux résines acryliques.
CAN/CGSB-19.18-M87 -	Mastic d'étanchéité, à un seul composant, à base de silicone, à polymérisation par évaporation du solvant.
CAN/CGSB-19.24-M90 -	Mastic d'étanchéité à plusieurs composants, à polymérisation chimique.

ANNEXE C

1. INTRODUCTION

Les joints entre les parties d'un bâtiment sont aussi importants que les composants à joindre, car sans un joint qui s'acquitte correctement de ses fonctions, l'assemblage dont il fait partie peu défaillir et conduire ainsi, à terme, l'ensemble du bâtiment à sa ruine.

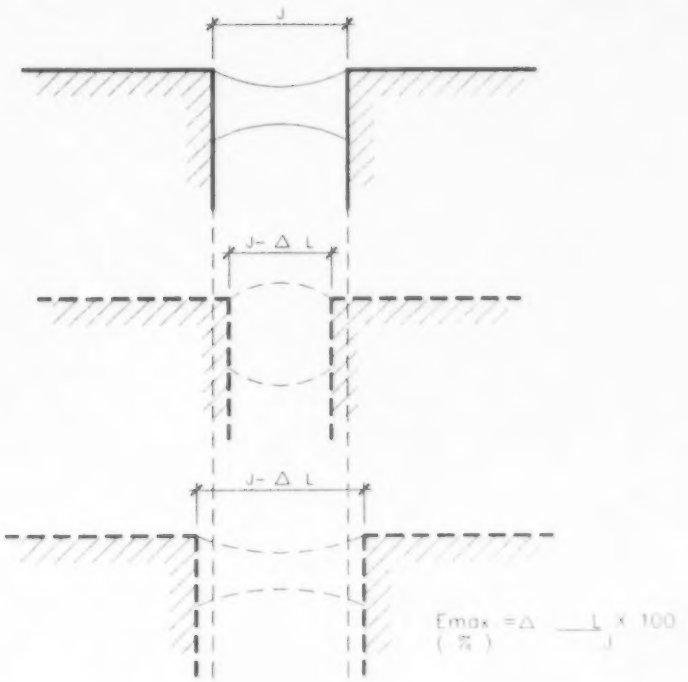
Les joints visés par la présente étude sont ceux qui permettent de maintenir l'étanchéité à l'air et la résistance à la pénétration d'eau des composants de l'enveloppe d'un bâtiment.

La largeur d'un joint de mastic (J) dépend des mouvements différentiels prévus ou calculés, des tolérances de construction de la baie (gros œuvre), des tolérances de fabrication de la fenêtre et de la capacité du mastic à pouvoir subir des mouvements cycliques sans défaillance (E_{max}).

Les mouvements différentiels peuvent être causés par les variations de température, les variations de teneur en eau (matériaux hygroscopiques), des charges statiques ou dynamiques.

Les tolérances de construction du gros œuvre et de fabrication de la fenêtre peuvent être causées par des écarts sur les dimensions, sur l'orthogonalité et aussi sur leurs formes (les arêtes ne sont pas rectilignes, les surfaces ne sont pas planes, etc.).

La capacité du mastic à pouvoir subir des mouvements cycliques de compression et d'extension sans défaillance (E_{max}) dépend des propriétés physico-chimiques d'un mastic. Les mastics sont habituellement classifiés selon le pourcentage d'extension et de compression du joint sans qu'il y ait défaillance de celui-ci; 5%, 10%, 25% et 50% (les plus performants).



Le tableau 1 donne un aperçu de la valeur de "Emax" pour un ensemble de mastics utilisés en construction.

TABLEAU 1: CLASSIFICATION DES MASTICS D'ÉTANCHÉITÉ

COTE	**E_{max}**	**EXEMPLES**
Faible	5	À base d'huile ou de résine, latex
Moyenne	5-10	Acrylique, butyle, néoprène, vinyl-latex
Élevée	10-25	Captane polymère, polysulfure, polyuréthanne
Très élevée	25-50	Silicone

La largeur d'un joint (J) pour un mastic donné devant subir un mouvement différentiel donné peut donc être calculée par l'expression suivante:

$$J = \frac{\Delta L}{E_{max}} \; x \; 100$$

où: J = Largeur du joint (mm);

ΔL = Mouvement différentiel provoqué entre les deux composants (mm);

E_{max} = Capacité du mastic à pouvoir subir des mouvements cycliques de compression et d'extension sans défaillance (%).

La largeur d'un joint (J) pour un mastic donné, devant subir un mouvement différentiel donné et des tolérances de construction et de fabrication données peut être calculée par l'expression suivante:

$$J = \frac{\Delta L}{E_{max}} \; x \; 100 \; + \; \frac{T}{2}$$

où: T = Tolérance totale résultant de la combinaison des tolérances de construction du gros œuvre et de fabrication de la fenêtre (mm) sur un axe donné.

Conclusion

Le calcul de la largeur d'un joint (J) pour un mastic donné nécessite donc la définition des tolérances de fabrication et de construction (T) ainsi que la définition des mouvements différentiels (ΔL).

2.0 RAPPEL SUR LES TOLÉRANCES

2.1 ORIGINE DES ÉCARTS QUI AFFECTENT INITIALEMENT LA LARGEUR DES JOINTS

Les écarts apparaissent à différents stades de la construction.

Pour les composants (portes, fenêtres, panneaux de granit), on constate des écarts sur les dimensions (largeur, hauteur, épaisseur), sur leur orthogonalité et aussi sur leurs formes (les arêtes ne sont pas rectilignes, les surfaces ne sont pas planes, etc...). De ces trois types d'écarts résultent des écarts plus globaux propres à chaque type de composant: les écarts de fabrication.

Avant la mise en œuvre des composants, on procède généralement à un tracé qui définit la position assignée aux composants. Lors de la réalisation de ce tracé, des erreurs ou écarts s'introduisent: écarts sur les dimensions qui déterminent la géométrie du tracé, sur leur orthogonalité et aussi sur leurs formes, qui se combinent pour donner les écarts d'implantation ou écarts de tracé.

2.2 COMBINAISON DES ÉCARTS ÉLÉMENTAIRES

2.2.1 COMBINAISON ARITHMÉTIQUE

Cette méthode consiste à considérer que les écarts maximaux de la dimension des joints sont, en règle générale, égaux à la somme des écarts élémentaires admissibles.

$$T = \sum_i |T_i| = |T_1| + |T_2| + _ _ _ _ + |T_i|$$

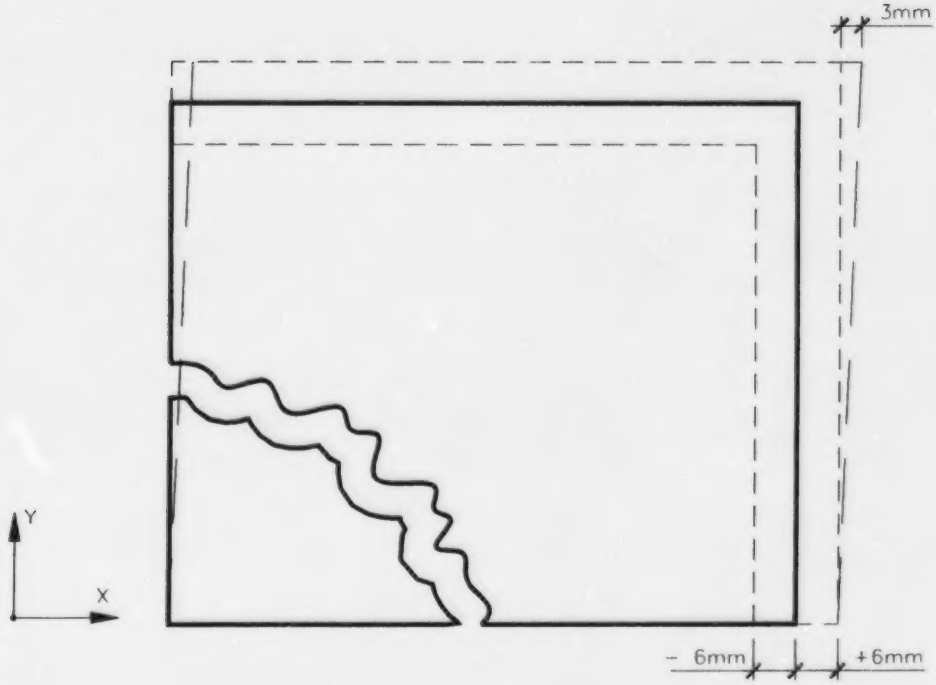
où: T = Tolérance totale

$|T_i|$ = Valeur absolue de la tolérance élémentaire admissible pour le composant "i"

i = Nombre de composants

Exemple no. 1:

Panneau de granit: Tolérance de fabrication = ± 6 mm
Tolérance d'orthogonalité = ± 3 mm



Tx + = + 6 mm + 3 mm = + 9 mm

Gros œuvre: Tolérance de construction = ± 6 mm
Tolérance d'orthogonalité = ± 3 mm

Tx - = -6 mm - 3 mm = -9 mm

$$T = |+6| + |+3| + |-6| + |-3| = 18\ mm$$

Conclusion

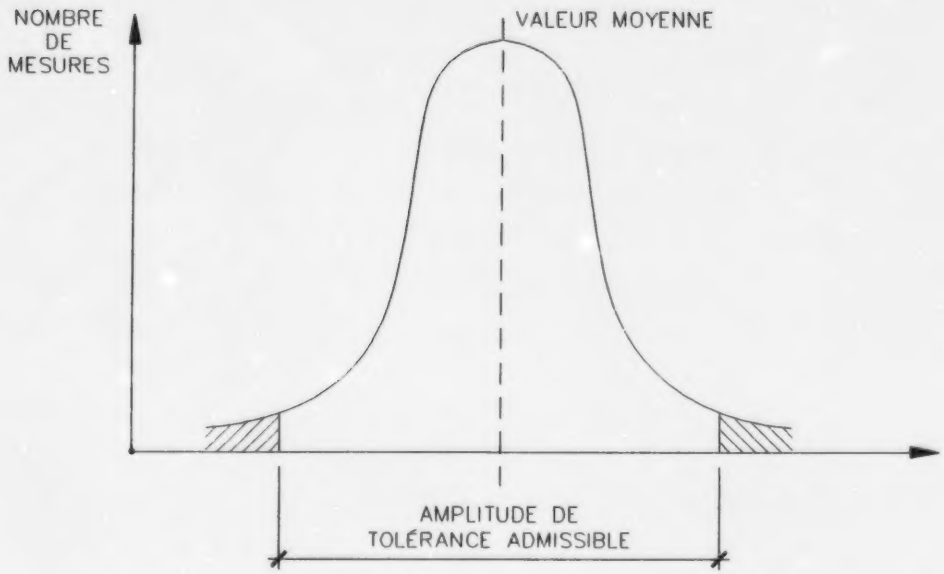
Pour éviter toute interférence entre le panneau de granit et le gros œuvre suivant l'axe horizontal, il faudra prévoir une différence de dimensions minimale de 18 mm pour l'arête horizontale. Pour déterminer la largeur des joints verticaux, il faudrait en plus tenir compte des mouvements différentiels et de la nature du mastic utilisé.

Cette méthode a l'avantage d'une grande simplicité de calcul, mais elle conduit à des valeurs très fortes des écarts résultants, qui ne sont en général compatibles ni avec la pratique ni avec l'économie ni avec l'esthétique de l'ouvrage. D'ailleurs, les largeurs de joints auxquelles l'empirisme a conduit hors de toute considération théorique de tolérance sont en fait loin d'atteindre de telles valeurs.

Il convient donc de réserver cette méthode à quelques cas particuliers pour lesquels on a besoin d'une certitude absolue sur la largeur maximale ou minimale des joints. L'installation d'une fenêtre n'appartient pas à ces cas particuliers.

2.2.2 COMBINAISON ALÉATOIRE

En prescrivant des tolérances pour les opérations élémentaires, on accepte une certaine probabilité d'échec dans ces opérations élémentaires. L'échec, c'est par exemple la mise au rebut de composants dont les dimensions réelles excèdent les dimensions admissible (exemple: dormant d'une fenêtre). Si l'on connaît la distribution des écarts, cette probabilité d'échec est connue à l'avance. Elle est représentée par les zones hachurées sur le diagramme ci-dessous.



La technique la plus courante pour calculer la tolérance totale résultant d'une combinaison de plusieurs tolérances élémentaires consiste à utiliser l'équation suivante ( ):

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + _____ + T_i^2}$$

où: T = Tolérance totale

T_i = Tolérance élémentaire admissible pour le composant "i"

i = Nombre de composants

Exemple no. 2 En ce référant aux données de l'exemple précédent, on trouve:

$$T = \sqrt{6^2 + 3^2 + 6^2 + 3^2} = 9.5\ mm$$

Dans ce cas spécifique, la tolérance totale est légèrement supérieure à la moitié de la valeur dictée par une combinaison arithmétique.

Conclusions

- La méthode de calcul de la tolérance avec combinaison aléatoire des écarts est beaucoup plus réaliste.
- Cette méthode de calcul accepte une certaine probabilité d'échec.

Commentaires

Lorsque la séquence de construction permet au manufacturier des panneaux de granit la mesure des ouvertures dans le gros œuvre, la tolérance totale devient égale aux tolérances de fabrication des panneaux de granit, résultant ainsi en une tolérance totale plus petite.

Exemple no. 3: En se référant aux données de l'exemple précédant, on obtient:

$$T = \sqrt{6^2 + 3^2} = 6.7\ mm$$

En ajoutant les données suivantes:

- Largeur de l'ouverture mesurée = 1600 mm
- Mouvement différentiel anticipé (ΔL) lors d'une élévation de température = 2 mm
- E_{max} du mastic = 25%

La largeur du joint (J) requise, devient:

$$J = \frac{2}{25} x\,100 + \frac{6.7}{2} = 11.35\ mm$$

Ceci implique donc que la largeur nominale du panneau de granit devrait être égale à 1577.3 mm ($\pm$1577 mm).

Exemple no.4: Dans le cas où on utilise un mastic dont la propriété E_{max} est égale à 10%, la largeur du joint (J) requise devient:

$$J = \frac{2}{10} x\,100 + \frac{6.7}{2} = 23.35\ mm$$

Dans un tel cas, la largeur nominale du panneau devrait être égale à 1553 mm.

L'utilisation d'un mastic dont la valeur E_{max} est petite conduit dans le cas à l'étude à une largeur de

joint inacceptable du point de vue esthétique, d'où l'importance du choix d'un mastic approprié.

2.3 TOLÉRANCES DE CONSTRUCTION DU GROS ŒUVRE

Les tolérances de construction du gros œuvre dépendent des différents secteurs de cette industrie. Ces tolérances sont intimement reliées à la nature des matériaux utilisés et aux techniques d'assemblages.

Pour certains matériaux ou assemblages fabriqués en usine, les tolérances sont très petites alors que pour d autres matériaux (bétonnage sur place) les tolérances admissibles sont très élevées.

La spécificité de chacun des secteurs d'activités et la diversité de l'ensemble de ces secteurs font qu'il sera impossible de traiter ce sujet dans le présent document. Néanmoins, le lecteur peut se référer à un excellent ouvrage qui traite des tolérances de construction écrit par M. David Kent Ballast ( ) "Handbook of Construction Tolerances". Ce volume couvre l'ensemble des secteurs d'activités.

2.4 TOLÉRANCES DE FABRICATION DES PORTES ET FENÊTRES

La nouvelle norme canadienne CAN/CSA-A440.4 "Installation des portes et fenêtres" définie l'ensemble des écarts admissibles après l'installation de ces produits.

A) Fabrication

A1) Les écarts de dimensions admissibles par rapport à la dimension nominale spécifiée doivent être égaux ou inférieurs à ± 1.6 mm (1/16") pour des dimensions égales ou inférieures à 1830 mm (6'-0") et, ±3.2 mm (1/8") pour les dimensions supérieures à 1830 mm. Ces tolérances ou écarts sont applicables uniquement à la longueur des membrures du

dormant.

A2) Pour les produits dont la hauteur et/ou la largeur est inférieure ou égale à "1m", la différence de longueur entre la tête versus le seuil et/ou un montant versus l'autre montant doit être plus petit ou égale à "1 mm".

A3) Pour les produits dont la hauteur et/ou la largeur est supérieure à "1 m", la différence de longueur entre la tête versus le seuil et/ou un montant versus l'autre montant doit être plus petite ou égale à "2 mm".

B) Installation

B1) Le seuil doit être horizontal. L'écart d'alignement vertical dans le plan de la fenêtre ou de la porte doit être inférieur ou égal à 2 mm, quelque soit la portée du seuil.

B2) La largeur et la hauteur hors-tout du dormant, mesurée à la demie-portée, doit être égale à la largeur ou hauteur moyenne "$\pm$ 1 mm".

B3) Pour un dormant dont le périmètre extérieur est égal ou inférieur à "4 m", la différence entre les deux diagonales doit être égale ou inférieure à "2 mm".

B4) Pour un dormant dont le périmètre extérieur est supérieur à "4 m", la différence entre les deux diagonales doit être égale ou inférieure à "3 mm".

B5) L'écart d'alignement vertical dans le plan perpendiculaire à la façade doit être tel qu'en aucun temps il y ait rétention d'eau sur le seuil du produit. Dans tous les cas l'écart d'alignement vertical de la tête par rapport au seuil doit être inférieur ou égal à "2 mm".

B6) Le voilement du dormant de la fenêtre par rapport à un plan plat doit être tel que la facilité de fonctionnement de(s) l'ouvrant(s) ne soit pas affectée et, que l'écart d'alignement entre un châssis et le dormant permet la fermeture du châssis avec les dispositifs prévus (opérateur à levier ou manivelle, loquets).

Parmi les énoncés énumérés ci-dessus, ceux qui influencent le plus la largeur du joint requise sont: A1, B1 et B2.

- Pour les produits dont la hauteur et/ou la largeur est inférieure à 1830 mm (6'-0"), le calcul de la tolérance totale (T) par la méthode de combinaison aléatoire donne:

$$T = \sqrt{1.6^2 + 2^2 + 1^2} = 2.75\ mm\ (\approx 3\ mm)$$

En considérant que le jeu périphérique (J) sera également réparti, le jeu périphérique minimum (sans mouvement différentiel et sans écart de construction) serait égal à 1.5 mm (3 mm/2).

- Pour les produits dont la hauteur et/ou largeur est supérieure à 1830 mm (6'-0"), le calcul de la tolérance totale (T) par la méthode de combinaison aléatoire donne:

$$T = \sqrt{3.2^2 + 2^2 + 1^2} = 3.9\ mm\ (\approx 4\ mm)$$

En considérant que le jeu périphérique (J) sera également réparti, le jeu périphérique minimum (sans mouvement différentiel et sans écart de construction) serait égal à 2 mm (4 mm/2).

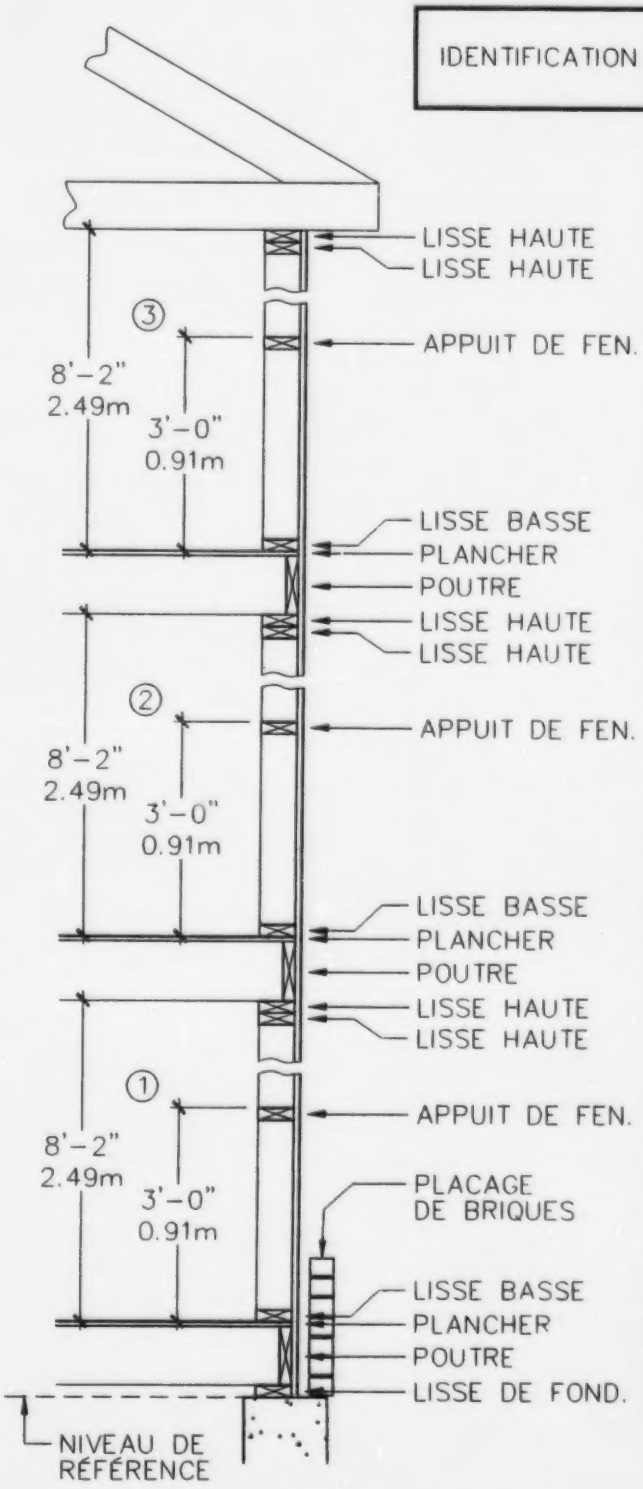
2.5 MOUVEMENTS DIFFÉRENTIELS DU DORMANT D'UNE FENÊTRE PAR RAPPORT AU PAREMENT ET AU MUR DE FOND

La prédiction de la largeur d'un joint (J) et le choix d'un mastic approprié entre une fenêtre et le gros œuvre nécessite d'établir les mouvements différentiels maximaux qui peuvent survenir entre ces composants.

Pour les bâtiments résidentiels à ossature de bois (mur de fond) avec placage de brique, les mouvements différentiels les plus importants sont dus à la variation de teneur en eau (ΔTE) des éléments de l'ossature de bois et à la variation de température (ΔT) des éléments du dormant.

En considérant le bâtiment résidentiel illustré sur la figure 1, les mouvements différentiels d'intérêts sont:

- l'appui de la fenêtre versus le parement de brique;
- le dormant de la fenêtre versus le mur de fond (ossature de bois); et,
- le dormant de la fenêtre versus le parement de brique.



IDENTIFICATION	DIMENSIONS NOMINALES (po.)	DIMENSIONS VERT. RÉELLES (po.)
LISSE HAUTE	2" X 6"	1.5
LISSE HAUTE	2" X 6"	1.5
APPUIT DE FEN.	2" X 6"	1.5
LISSE BASSE	2" X 6"	1.5
PLANCHER	CONTREPLAQUÉ 3/4"	.75
POUTRE	2" X 10"	9.25
LISSE HAUTE	2" X 6"	1.5
LISSE HAUTE	2" X 6"	1.5
APPUIT DE FEN.	2" X 6"	1.5
LISSE BASSE	2" X 6"	1.5
PLANCHER	CONTREPLAQUÉ 3/4"	.75
POUTRE	2" X 10"	9.25
LISSE HAUTE	2" X 6"	1.5
LISSE HAUTE	2" X 6"	1.5
APPUIT DE FEN.	2" X 6"	1.5
PLACAGE DE BRIQUES		
LISSE BASSE	2" X 6"	1.5
PLANCHER	CONTREPLAQUÉ 3/4"	.75
POUTRE	2" X 10"	9.25
LISSE DE FOND.	2" X 6"	1.5

FIGURE 1: BÂTIMENT RÉSIDENTIEL – 3 ÉTAGES
OSSATURE DE BOIS AVEC UN PAREMENT EN BRIQUES

2.5.1 CALCUL DU MOUVEMENT VERTICAL DE L'OSSATURE DE BOIS

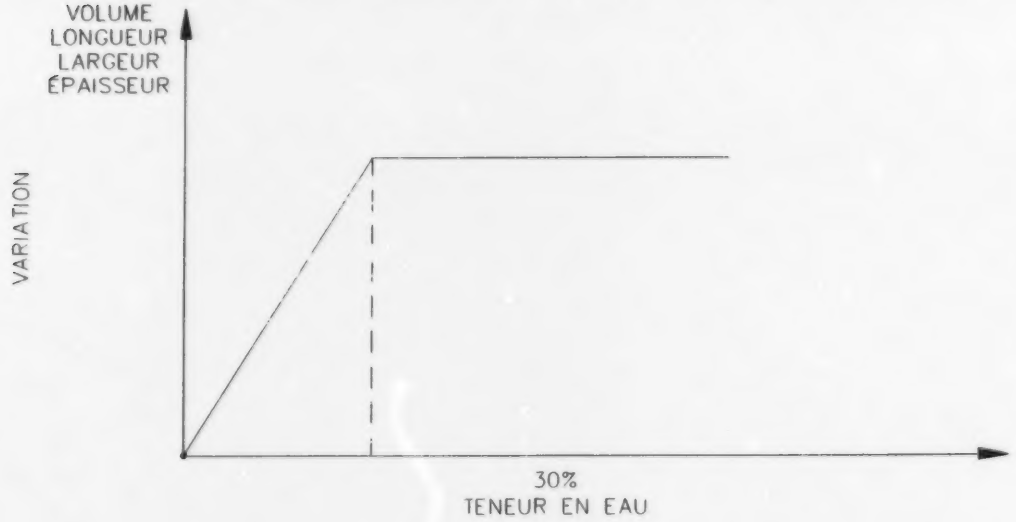
.1 VARIATIONS DIMENSIONNELLES DUES À L'HUMIDITÉ

Introduction

Certains matériaux de construction se contractent en séchant et gonflent en se dilatant lorsqu'ils absorbent de l'eau. Parmi ces matériaux on peut citer le béton, les mortiers, les enduits et les diverses essences de bois.

Le bois

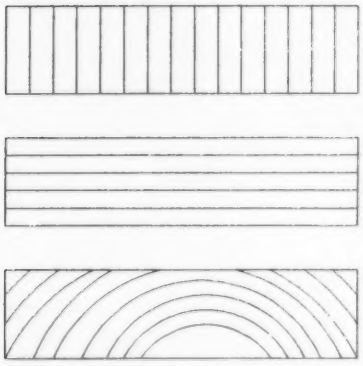
Le comportement du bois illustre bien la relation entre l'humidité et les matériaux poreux. À l'état naturel, celui-ci peut contenir une teneur en eau supérieure à 100% de son poids sec. Aussitôt que le bois est coupé, sa teneur en eau diminue si l'humidité relative ambiante est inférieure à 100%. Néanmoins, la perte de poids initiale n'engendre aucun changement de dimensions jusqu'à une teneur en eau d'environ 30%, appelée le point de saturation des fibres. Si le bois est séché en dessous de cette limite, le retrait se manifeste en proportion à peu près égale à la réduction de la teneur en eau en dessous du point de saturation des fibres. Autrement dit, pour chaque point de teneur en eau perdu, le bois diminue de volume à raison d'environ 1/30 de son retrait potentiel total.



L'importance du retrait et du gauchissement qui se produisent dans une planche dépend de l'angle du grain, du degré de sécheresse (ou de teneur en eau) que celle-ci atteint et des conditions d'entreposage en cours de séchage.

Angle du grain

L'angle du grain (anneaux de croissance) dans la section transversale d'une planche est défini par l'angle que fait les anneaux de croissance par rapport à la largeur de la planche. Ainsi, lorsque l'angle est de 90°, la coupe est dite radiale, alors que dans le cas où l'angle est de 0° la coupe est dite tangentielle.



Le tableau 1 donne le pourcentage approximatif de retrait du bois en fonction de l'angle du grain lors du séchage initial, soit d'une teneur en eau initiale de 30% jusqu'à une teneur en eau finale de 12% (base massique).

TABLEAU 1: RETRAIT MOYEN DU BOIS (%) LORS DU SÉCHAGE INITIAL

	RADIAL	TANGENTIEL	LONGITUDINAL
% DE RETRAIT	3	5	0.1

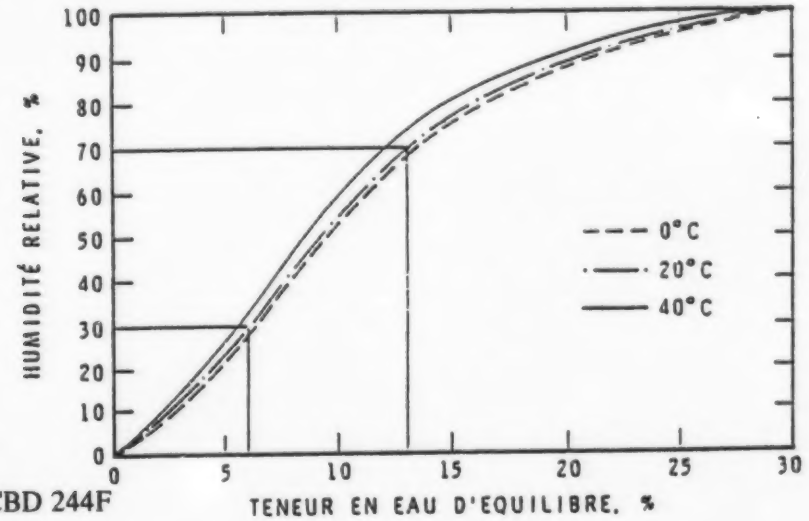
Ref. Supp. CNBC P.182, 1990

Les valeurs de ce tableau font donc ressortir le fait que le retrait tangentiel et radial de la section transversale d'une planche est beaucoup plus important que le retrait suivant l'axe longitudinal.

Le degré de sécheresse

Le Code national du bâtiment (CNBC) exige que la teneur en eau du bois ne dépasse pas 19% lors de la mise en œuvre des placages (revêtement extérieur et intérieur).

Après la mise en œuvre du placage, la condition d'équilibre (teneur en eau) dépendra de la température et de l'humidité relative de l'air au voisinage immédiat du bois de charpente. Le diagramme ci-dessous donne la teneur en eau du bois en fonction de la température et de l'humidité relative de l'air. Ce diagramme nous permet de constater que le paramètre environnemental le plus important sur la teneur en eau du bois est l'humidité relative de l'air. La température a très d'influence sur la teneur en eau d'équilibre: une élévation (diminution) de la température de 20°C aura pour effet d'augmenter (réduire) la teneur en eau de seulement 1%.



Référence: CBD 244F

La teneur en eau à laquelle le bois se stabilise dépend de la région, de la saison et de la position du pare-vapeur.

La teneur en eau d'équilibre du bois entreposé à l'abri des intempéries, en été, est de 11 à 12% pour la plupart des régions intérieures, et de 14 à 16% dans les régions côtières. En hiver, la teneur en eau d'équilibre du bois entreposé à l'abri des intempéries varie de 4 à 6% pour les régions intérieures, et de 7 à 10% dans les régions côtières. Ces conditions d'équilibre présument que le bois est entreposé pour une longue période de temps, ce qui est rarement le cas de la plupart des projets de construction résidentielle.

Dans le cas où le pare-vapeur est localisé du côté extérieur de l'ossature de bois (système d'isolation thermique extérieur), la teneur en eau d'équilibre du bois dépendra de l'humidité relative maintenue à l'intérieur du bâtiment. Dans un tel cas, la teneur en eau d'équilibre du bois serait au voisinage de 6% (HR = 30%).

.2 CALCUL DES VARIATIONS DIMENSIONNELLES POTENTIELLES DE L'OSSATURE DE BOIS

Le retrait potentiel ou le gonflement potentiel (libre de toutes contraintes) d'un morceau de bois peut être évalué pour chacun des axes par l'équation suivante:

$$\Delta L_{AXE} = C \times (TE_f - TE_i) \times L_{AXE}$$

où: ΔL_{AXE}: Variation de dimension suivant un axe donné (hauteur, profondeur, longueur).

C: Constante qui dépend de l'angle grain par rapport à l'axe visé (radial, tangentiel, longitudinal).

TE_i: Teneur en eau initiale (équilibre) du bois lors du recouvrement par le placage (%). $TE_{i(max)} = 30\%$

TE_f: Teneur en eau finale (équilibre) du bois en utilisation normale (%).

L: Dimension du morceau de bois suivant un axe donné.

L'évaluation de la constante "C" pour chacun des axes visés est donnée par le tableau D-1 du supplément du CNBC (1990).

AXE	C
Radial	0.1
Tangentiel	0.2
Longitudinal	0.0033

Étant donné que le concepteur de l'enveloppe d'un bâtiment n'a aucun contrôle sur l'angle du grain dans une section transversale de bois, il peut considérer qu'en moyenne l'angle du grain sera composé (radial et tangentiel). Dans ce cas, la constante "C" d'une section transversale devient égale à 0.15.

D'où: $\Delta L_{COUPE} = 0.15\ (TE_f - TE_i)\ L_{COUPE}$ (1)

$\Delta L_{LONG} = 0.0033\ (TE_f - TE_i) L_{LONG}$ (2)

$\Delta L_{TOTAL} = \Delta L_{COUPE} + L_{LONG}$ (3)

Application

Données:

En considérant le bâtiment résidentiel illustré sur la figure 1, calculer le retrait potentiel des appuis de fenêtres identifiés ①, ②, et ③ par rapport au plan de référence correspondant à la partie supérieure de la fondation.

Le calcul sera réalisé pour les conditions frontières données ci-dessous.

CAS NO.	TENEUR EN EAU INITIALE	TENEUR EN EAU FINALE
	%	%
1	19	6
2	15	6
3	25	6

Remarques: Cas no. 1: TE_i équivaut à l'exigence du CNBC

Cas no. 2: TE_i équivaut à du bois de charpente séché (catégorie MC-15)

Cas no. 3: TE_i équivaut à du bois de charpente ne satisfaisant pas l'exigence du CNBC.

Solutions:

a) Détermination de la hauteur (longueur des composants bois en fonction de l'orientation du grain.

Le tableau 2 résume la répartition de la hauteur en fonction du sens du grain pour les divers appuis de fenêtres de la figure 1.

TABLEAU 2: RÉPARTITION DE LA HAUTEUR EN FONCTION DU SENS DU GRAIN

LOCALISATION DE LA POSITION DE L'APPUI DE FENÊTRE	HAUTEUR (H) DE L'APPUI DE LA FENÊTRE		RÉPARTITION DE LA HAUTEUR EN FONCTION DU SENS DU GRAIN DU BOIS			
			TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
	po.	mm	po.	mm	po.	mm
1	47.5	1206	13.75	349	33	838
2	155.5	3950	29.0	736	125	3175
3	263.5	6692	44.25	1124	217	5512

b) Calcul du retrait potentiel de l'ossature de bois

Ce calcul est réalisé en utilisant les équations 1, 2 et 3.

Exemple: $L_{COUPE} = 349$ mm

$L_{LONG} = 838$ mm

Données: Appui de fenêtre no.1

Cas no. 1: $TE_i = 19\%$

$TE_f = 6\%$

Solution:

→ $\Delta L_{COUPE} = 0.15 (TE_f - TE_i) L_{COUPE}$

$\Delta L_{COUPE} = 0.15 (0.06 - 0.19)\ 349\ mm = -6.8\ mm$

Le signe - indique qu'il y a retrait du bois.

→ $\Delta L_{LONG} = 0.0033 (TE_f - TE_i) L_{LONG}$

$\Delta L_{LONG} = 0.0033 (0.06 - 0.19)\ 838\ mm = -0.35\ mm$

Le signe - indique qu'il y a retrait du bois.

→ $\Delta L_{TOTAL} = -6.8\ mm + (-0.35\ mm) = -7.15\ mm$

Les tableaux 3 à 5 donnent le retrait potentiel (mouvement descendant) des appuis de fenêtres ①, ②, et ③ en fonction du cas à l'étude.

TABLEAU 3: CAS NO.1 - RETRAIT POTENTIEL DE L'OSSATURE DE BOIS

TENEUR EN EAU INITIALE (TE_i) = 19%

TENEUR EN EAU FINALE (TE_f) = 6%

LOCALISATION DE L'APPUI DE FENÊTRE	RETRAIT POTENTIEL					
	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL		TOTAL	
	po.	mm	po.	mm	po.	mm
1	0.26	6.8	0.014	0.35	0.274	7.15
2	0.56	14.2	0.054	1.37	0.614	15.57
3	0.86	21.8	0.093	2.36	0.953	24.16

TABLEAU 4: CAS NO.2 - RETRAIT POTENTIEL DE L'OSSATURE DE BOIS

TENEUR EN EAU INITIALE (TE_i) = 15%
TENEUR EN EAU FINALE (TE_f) = 6%

LOCALISATION DE L'APPUI DE FENÊTRE	RETRAIT POTENTIEL					
	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL		TOTAL	
	po.	mm	po.	mm	po.	mm
1	0.18	4.5	0.01	0.2	0.19	4.7
2	0.39	9.9	0.037	0.9	0.427	10.8
3	0.59	15.0	0.064	1.6	0.65	16.6

TABLEAU 5: CAS NO.3 - RETRAIT POTENTIEL DE L'OSSATURE DE BOIS

TENEUR EN EAU INITIALE (TE_i) = 25%
TENEUR EN EAU FINALE (TE_f) = 6%

LOCALISATION DE L'APPUI DE FENÊTRE	RETRAIT POTENTIEL					
	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL		TOTAL	
	po.	mm	po.	mm	po.	mm
1	0.38	9.6	0.020	0.5	0.40	10.1
2	0.82	20.8	0.079	2.0	0.9	22.8
3	1.26	32.0	0.136	3.4	1.4	33.4

.3 CALCUL DU MOUVEMENT VERTICAL DANS LE PAREMENT DE BRIQUE

Les briques d'argile sont cuites dans un four à haute température, d'où une évaporation complète de l'eau utilisée dans le procédé de formage. Après la cuisson des briques d'argile, celles-ci subissent un allongement net, lequel est fonction du taux d'humidité de l'air ambiant du temps d'exposition et de la possibilité que les briques soient mouillées.

Bien que l'allongement des briques fabriquées au Canada ne soit pas connu avec certitude, on croit qu'il est de l'ordre de 0.02% (CNBC-90). Cet allongement est considéré comme irréversible. Après la mise en place de brique, on évalue à ± 0.01% (CNBC-90) la variation cyclique d'une dimension, ceci en fonction de la teneur en eau, soit + 0.01% lorsqu'elle est saturée d'eau et -0.01% lorsqu'elle est en atmosphère sèche. L'allongement résultant de la brique d'argile peut être exprimé par la relation suivante:

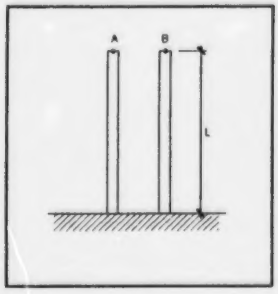
$$\Delta L = (0.02 \pm 0.01\%)\, L$$

L'allongement maximal du parement de brique à une hauteur égale à celle de l'appui des fenêtres de la figure 1 est donné au tableau 6. Cet allongement peut être réduit au tiers de la valeur indiquée en mouillant copieusement les briques avant la mise en place.

TABLEAU 6: ALLONGEMENT DU PAREMENT DE BRIQUE

POSITION DE L'APPUI DE FENÊTRE	HAUTEUR		ALLONGEMENT MAXIMAL	
	po.	mm	po.	mm
1	47.5	1206	0.014	0.36
2	155.5	3950	0.047	1.18
3	263.5	6692	0.079	2.01

.4 CALCUL DU MOUVEMENT DIFFÉRENTIEL VERTICAL ENTRE L'APPUI DE FENÊTRE ET LE PAREMENT DE BRIQUE



Le mouvement différentiel d'un élément "A" par rapport à un autre élément "B" est donné par l'expression suivante:

$$\Delta L_{AB} = \Delta L_A - \Delta L_B$$

où: ΔL_{AB} = Mouvement relatif de "A" par rapport à "B" pour une longueur (ou hauteur) donnée.

ΔL_A = Allongement (ou retrait) de l'élément "A" par rapport au plan de référence.
+ si allongement
- si retrait

ΔL_B = Allongement (ou retrait) de l'élément "B" par rapport au plan de référence.
+ si allongement
- si retrait

En appliquant cette équation de base au calcul du mouvement différentiel entre l'appui de fenêtre et le parement de brique on trouve les valeurs indiquées au tableau 7.

TABLEAU 7: MOUVEMENT DIFFÉRENTIEL VERTICAL ENTRE L'APPUI DE FENÊTRE ET LE PAREMENT DE BRIQUE.
(TE_i bois = 19%, TE_f bois = 6%)

POSITION DE L'APPUI DE FENÊTRE	VARIATION DE HAUTEUR POUR L'APPUI (A)		VARIATION DE HAUTEUR POUR LA BRIQUE (B)		MOUV. DIF. DE "A" VERSUS "B"	
	po.	mm	po.	mm	po.	mm
1	-0.274	-7.15	0.014	0.36	-0.288	-7.51
2	-0.614	-15.57	0.047	1.18	-0.661	-16.75
3	-0.953	-24.16	0.079	2.01	-1.32	-25.48

.5 ANALYSE DES RÉSULTATS

– Les tableaux 3 à 5 montrent que le retrait suivant l'axe longitudinal des composants de l'ossature de bois est beaucoup

plus petit que le retrait suivant une coupe transversale des composants complémentaires.

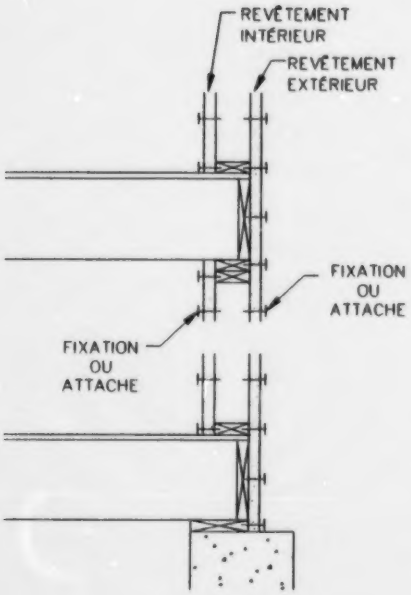
- Pour les bâtiments construits selon les exigences du CNBC (cas no. 1), le retrait potentiel de l'appui de fenêtre situé au 3e étage (0.95 po. ou 24 mm) est très élevé. Ceci implique que la largeur du joint entre le parement de brique et l'appui de fenêtre devra être important (> > 2 po. ou > > 50 mm). Esthétiquement, une telle application serait inacceptable. Dans un tel cas, les concepteurs devraient donc limiter la hauteur du parement de brique à 2 étages.
- Pour les bâtiments construits avec du bois de charpente séché ($TE_i \leq 15\%$), le retrait potentiel est beaucoup plus faible, d'où la possibilité d'obtenir une largeur de joint acceptable pour chacun des appuis de fenêtres.
- Pour les bâtiments dont l'ossature de bois possède une teneur en eau initiale égale à 25%, la hauteur du parement de brique devra être limitée à 1 étage pour s'assurer que la largeur du joint entre l'appui de fenêtre et le parement soit convenable.
- L'allongement du parement de brique pour une hauteur d'installation donnée est beaucoup plus faible que la variation de longueur de l'ossature de bois.

.6 DÉFORMATION EFFECTIVE VERSUS DÉFORMATION POTENTIELLE DE L'OSSATURE DE BOIS

Les calculs précédents ont permis de déterminer la déformation potentielle de l'ossature de bois d'un bâtiment résidentiel. Cette déformation est celle obtenue en considérant que l'ossature est libre de toute contrainte qui pourrait empêcher ou diminuer tout au moins le retrait.

Dans le cas où l'ossature est liée de part et d'autre par des attaches à des éléments de revêtement intérieur (placoplâtre) et de

revêtement extérieur (panneau de copeaux, contreplaqué, etc...), la déformation réelle appelée "déformation effective" sera habituellement plus petite que la déformation potentielle calculée.



En fait, la différence entre la déformation effective et la déformation potentielle est directement reliée à la contrainte imposée par le système d'attaches entre l'ossature et les panneaux et, à la continuité des panneaux.

N'ayant aucun contrôle sur la plupart des variables impliquées (position des attaches, nombre d'attaches, caractéristiques physiques des attaches (clous, vis, etc...), continuité des panneaux de revêtement), le concepteur ne peut donc pas tenir compte du fait qu'il existe une certaine solidarisation entre les éléments du système. Néanmoins, en utilisant la déformation potentielle calculée, le concepteur est assuré que la déformation réelle (ou effective) sera plus petite.

2.5.2 MOUVEMENT DIFFÉRENTIELS DU DORMANT D'UNE FENÊTRE PAR RAPPORT AU MUR DE FOND

.1 DÉFINITION DU POINT DE RÉFÉRENCE "R"

Avant d'aborder le calcul des mouvements différentiels anticipés (ΔL) entre le dormant des produits visés et le gros œuvre, on se doit de définir un point de référence "R" par rapport auquel les mouvements seront calculés.

Pour tous les paramètres (T, TE, contrainte) qui peuvent influencer la variation de la longueur d'un élément (ΔL), cette variation est calculée par rapport à la longueur de l'élément visé (L). À titre d'exemple, l'équation ci-dessous donne la variation de longueur (ΔL) d'un matériau lorsque celui-ci est soumis à une variation de température (ΔT).

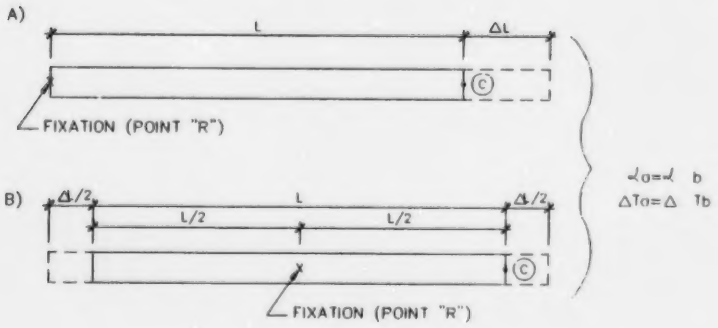
$$\boxed{\Delta L = \alpha \; L \; \Delta T}$$

où: ΔL = Variation de la longueur (mm)
α = Coefficient de dilatation thermique linéaire (mm/mm -°C)
L = Longueur de l'élément (mm)
ΔT = Variation de température (°C)

L'équation précédente permet de faire ressortir que pour un matériau donné (α = constante) et pour une variation de température donnée (ΔT = constante), la variation de longueur (ΔL) devient directement proportionnelle à la longueur de l'élément, soit:

$$\Delta L \; \alpha \; L$$

Le schéma de la page suivante illustre la variation de longueur d'une membrure soumise à une élévation de température pour deux conditions d'ancrage ou de fixation.



L'analyse du schéma permet de conclure que:

- l'allongement total (ΔL) des deux membrures sera le même;
- le mouvement relatif de l'extrémité © par rapport au point "R" sera réduit de moitié en plaçant l'ancrage au centre de la membrure.

Leçons à tirer:

- Pour un matériau et une variation de température donnés, on pourra minimiser le mouvement relatif des extrémités en fixant celle-ci au centre de la portée;
- Étant donné que la largeur du joint (J) est directement proportionnelle au mouvement induit (ΔL), le joint requis pour l'exemple "b" sera égal à la moitié de celui en "a";
- L'exemple "b" représente donc la condition d'ancrage optimale pour produire des mouvements différentiels égaux de chaque côté du point d'ancrage;
- La condition d'ancrage de l'exemple "b" est aussi optimale pour le choix d'un mastic d'étanchéité.

.2 CHOIX DE LA POSITION DU POINT DE RÉFÉRENCE "R" POUR UNE PORTE OU UNE FENÊTRE

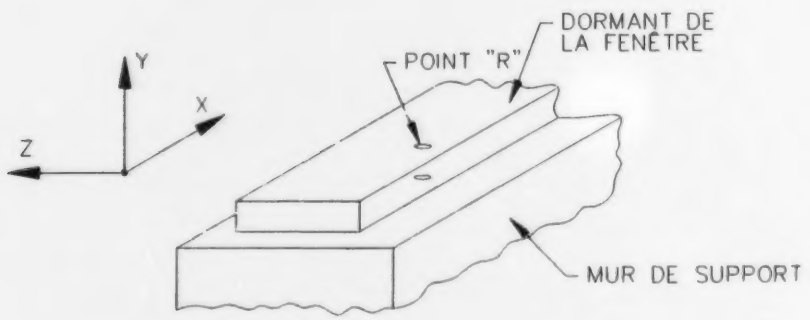
Les exemples précédents ont permis de faire ressortir l'importance de la technique d'ancrage sur le mouvement relatif des différents points d'une membrure.

La définition d'un point de référence "R" sera donc primordiale pour contrôler et calculer les mouvements différentiels entre une fenêtre et le gros œuvre.

Définition du point de référence "R"

Point par rapport auquel tous les mouvements différentiels seront calculés ou évalués entre la fenêtre (porte) et le mur de fond.

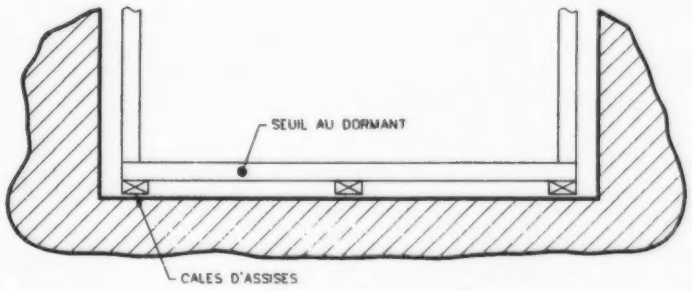
Le point de référence "R" est un point réel où le mouvemen différentiel entre le dormant de la fenêtre et le mur de support est nul suivant un système d'axe orthogonal (X, Y, Z).



Les principaux critères de choix de la position du point "R" sont:

- Minimiser les mouvements différentiels dans le but d'obtenir des joints (J) de faible largeur;
- Uniformiser la largeur des joints dans le but de satisfaire l'aspect esthétique;
- Minimiser la possibilité de pénétration d'eau;
- Contrôler l'aplomb des membrures où sont localisées des organes de manœuvre (exemple: fenêtre à battant).

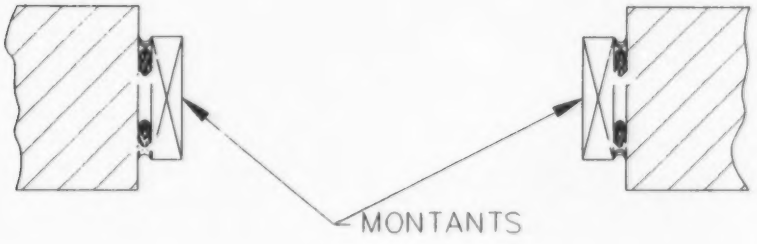
En se basant sur le fait que la plupart des portes et fenêtres reposent sur des cales d'assises lors de l'installation de ces produits, cette constatation conduit à définir que les mouvements différentiels suivant l'axe vertical (Y) se feront à partir de ces cales. Donc, habituellement, la position du point de référence "R" sera sur le seuil du dormant.



Pour répondre à la question: "Où est situé le point "R" sur le seuil du dormant?", on devra répondre à d'autres questions.

- Est-ce qu'il y a restriction aux mouvements suivant l'axe horizontal?

  Exemple: Présence de mastic sur les deux montants



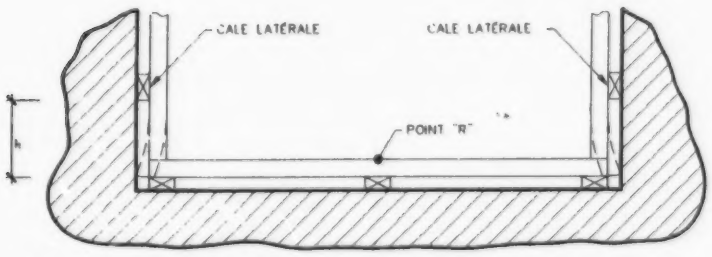
  Est-ce que la profondeur du mastic est la même des deux côtés?
  Si oui, le point "R" est situé au centre du seuil.

  Remarque: Il est impossible de s'en assurer.

  Si non, le point "R" n'est pas au centre du seuil.

- Est-ce qu'il y a des cales latérales entre les montants du dormant et le mur de fond?

  Si oui, le point "R" est situé au centre du seuil.

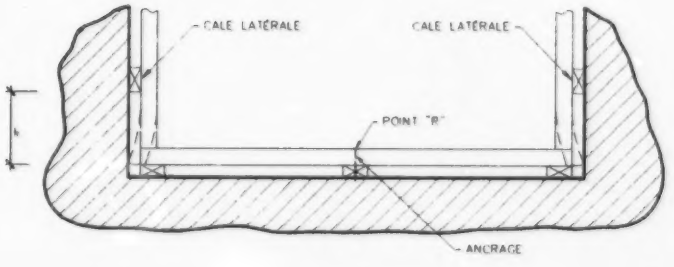


Remarques:

- L'ajout de cales périphériques a pour effet d'empêcher tout allongement ou mouvement au droit de ces cales périphériques;
- En considérant que la rigidité des deux montants est identique, tout allongement du seuil se traduira par un fléchissement des montants, lequel sera le même des deux côtés;
- L'allongement du seuil aura pour effet de transmettre un couple de flexion à la liaison "montant versus seuil".
- L'action de ce couple pourrait provoquer la rupture du coin. **La hauteur "h" où la première cale périphérique est installée est donc critique et l'emplacement devra être tel que l'on prévient la rupture du coin.**

- Est-ce qu'il y a ancrage ou fixation entre le seuil du dormant et le mur support?

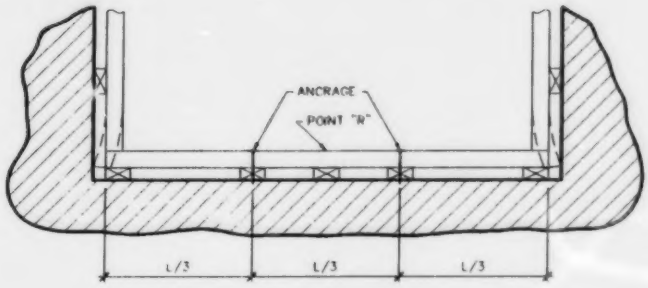
Si oui, cet ancrage entre les deux composants devra être localisé au centre du seuil, ceci dans le but de minimiser les mouvements différentiels.

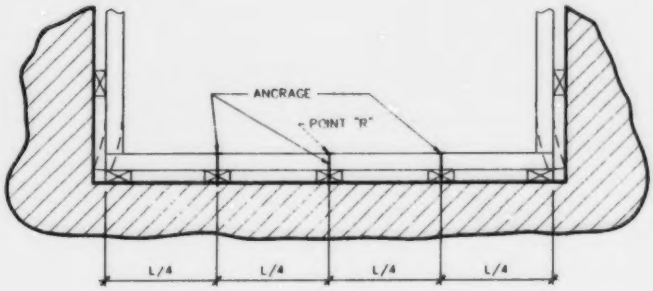


- <u>Est-ce qu'il y a plusieurs ancrages ou fixations entre le seuil du dormant et le mur support? Combien d'ancrages?</u>

  Si le nombre d'ancrages est de 2, ceux-ci devront être localisés au tiers de la portée. Dans un tel cas, le point de référence "R" est maintenu au centre de la portée.

  Si le nombre d'ancrages est de 3, le premier ancrage est localisé au centre de la portée et les autres au quart de la longueur du seuil.

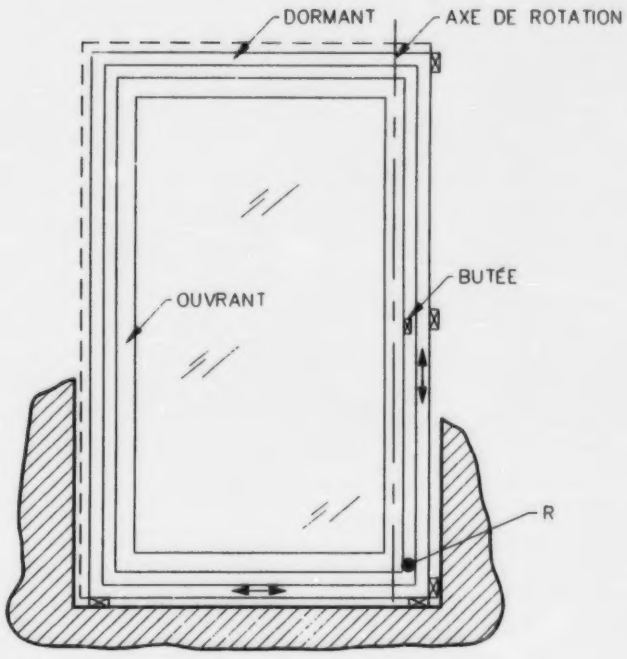




- <u>Est-ce qu'il est primordial de maintenir l'axe de rotation d'un ouvrant parallèle à la membrure du dormant adjacente à cet axe?</u>

Pour les fenêtres du type "battant" cette condition d'exploitation est désirable dans le cas où l'on veut assurer la facilité d'opération (ouverture et fermeture) de l'ouvrant.

Ainsi, en fixant le point de référence "R" à la partie inférieure du montant adjacent à l'axe de rotation on permet de maintenir les mouvements différentiels de ce montant selon l'axe vertical (voir schéma), alors que le seuil est assujetti à un mouvement différentiel horizontal.



2.5.3 VARIATIONS DIMENSIONNELLES DE L'OUVERTURE DANS LE GROS ŒUVRE

Les variations dimensionnelles de l'ouverture dépendront de la nature des matériaux qui limitent cette ouverture, de l'intensité des variations de température et de la teneur en eau.

En considérant que: l'ouverture est limitée par une ossature de bois, que les variations de températures saisonnières seront de 20°C et, que des variations de teneur en eau saisonnières sont 6%, l'allongement (ou le retrait) potentiel pourra être calculé en fonction des dimensions de cette ouverture.

Étant donné que les dimensions des fenêtres résidentielles sont dans la plupart des cas inférieures à 2 m x 2 m, le calcul de l'amplitude des variations dimensionnelles sera donné par les relations suivantes:

Écart de température:

$$\Delta L_T = \alpha \, L \, \Delta T$$

$$= 3.8 \times \frac{10\text{-}6}{^\circ C} \times 2000 \text{ mm} \times 20^\circ C$$

$$\Delta L_T = 0.15 \text{ mm}$$

Écart de teneur en eau:

$$\Delta L_{TE} = C \, L \, (\Delta TE)$$

$$= 0.0033 \times 2000 \text{ mm} \times 0.06$$

$$= 0.4 \text{ mm}$$

L'amplitude maximale (potentielle) des variations dimensionnelles de l'ouverture sera donc toujours inférieure à 0.55 mm (0.15 + 0.4).

Étant donné que l'ossature de bois est recouverte des deux côtés par des

panneaux rigides qui sont fixés sur la dite ossature, l'amplitude des variations dimensionnelles effectives sera plus petite que la valeur calculée.

Conclusion

L'amplitude des variations dimensionnelles effectives d'une ouverture pratiquée dans un gros œuvre de bois est donc négligeable.

2.5.4 VARIATIONS DIMENSIONNELLES DU DORMANT D'UNE FENÊTRE (PORTE)

La dilatation ou la contraction de la menuiserie du dormant (ΔL_T) est obtenue en faisant le produit du coefficient de dilatation thermique linéaire (α), de la distance (L) du point à l'étude par rapport au point de référence "R" et du changement de température du matériau (ΔT).

$$\boxed{\Delta L = \alpha \, L \, \Delta T}$$

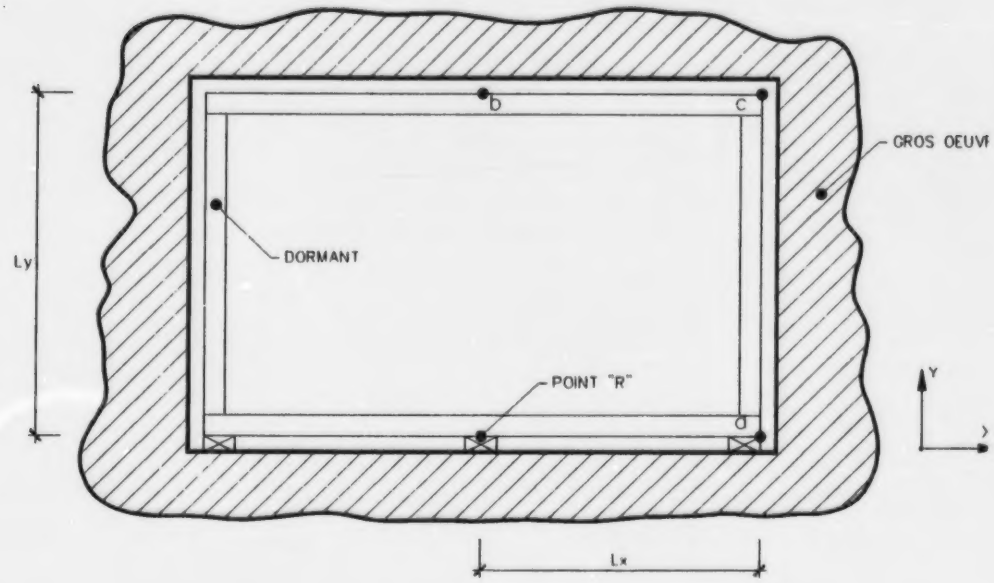
où: ΔL = Mouvement différentiel du point à l'étude par rapport au point "R" (mm)
+ pour un allongement (dilatation)
- pour une contraction (retrait)

α = Coefficient de dilatation thermique linéaire du matériau (mm/mm/°C x 10^{-6})

L = Distance du point visé par rapport au point "R" (mm)

ΔT = Variation de température prévue (°C)
= $T_{FINALE} - T_{INITIALE}$

La figure de la page suivante illustre une fenêtre type installée dans une ouverture du gros œuvre. Les points d'intérêts (a, b, c) où l'on désire calculer le déplacement par rapport au point "R" sont identifiés.



Le mouvement du point "a" par rapport au point "R" est représenté par l'équation suivante:

$$\Delta L_x = \alpha L_x \Delta T$$

Le mouvement du point "b" par rapport à "R" est donné par:

$$\Delta L_y = \alpha L_y \Delta T$$

Le mouvement du point "c" par rapport à "R" est donné par:

$$\Delta L_c = \alpha L_c \Delta T$$

où:

$$L_c = \sqrt{L_x^2 + L_y^2}$$

Évidemment, pour un matériau donné (α = cte) et pour une variation de température donnée (ΔT = cte), le mouvement différentiel le plus

important sera celui du point "c". Au point "c", le mastic sera assujetti à des contraintes de cisaillement et de traction (compression). Aux points "a" et "b", le mastic sera assujetti à une contrainte de traction ou de compression.

Conclusion

- Le mouvement différentiel entre le dormant et le gros œuvre sera maximal au point "c".
- La largeur du joint requis entre le dormant et le gros œuvre devra donc être calculée pour s'assurer qu'il n'y aura pas rupture (adhésion ou cohésion) du mastic à ce même point "c".

A) COEFFICIENT DE DILATATION THERMIQUE LINÉAIRE (α) DES MATÉRIAUX

Le coefficient "α" exprime la variation de longueur par unité de longueur lorsque la température du matériau varie d'un degré. Le tableau ___ donne le coefficient "α" des matériaux les plus courants.

TABLEAU __: COEFFICIENTS "α"

MATÉRIAU	COEFFICIENT "α"	
	mm/mm/°C x 10^{-6}	po/po/°F x 10^{-6}
Bois	3.8 @ 6.5	2.1 @ 3.6
Brique	5.6 @ 6.3	3.1 @ 3.5
Béton	11.7	6.5
Acier	12	6.6
Aluminium	23.2	12.9
PVC	40 @ 80	22.2 @ 44.4
Fibre de verre	5.4	3.0

B) VARIATION DE TEMPÉRATURE DU DORMANT D'UNE FENÊTRE

L'écart de température subit par le dormant d'une fenêtre est donné par la différence entre la température initiale du dormant lors de la pose (T_i) et de la température finale (T_f) de celui-ci durant la vie utile du produit.

Température initiale (T_i)

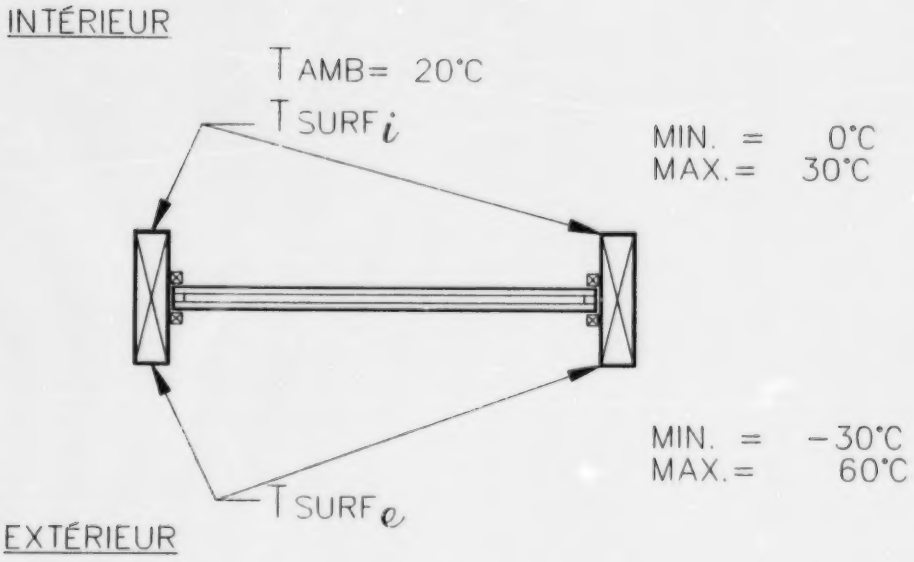
Au Canada, la température ambiante de l'air au moment de la pose sera toujours supérieure à 5°C (température minimale suggérée pour l'application d'un mastic) et inférieure à 30°C. Néanmoins, étant donné que les fenêtres sont produites en usine avec un contrôle de la température ambiante ($T \approx 20°C$) et que les dimensions spécifiées sont aussi mesurées à cette température, cette valeur sera donc retenue pour les fins de calcul des variations dimensionnelles.

$$T_i = 20°C$$

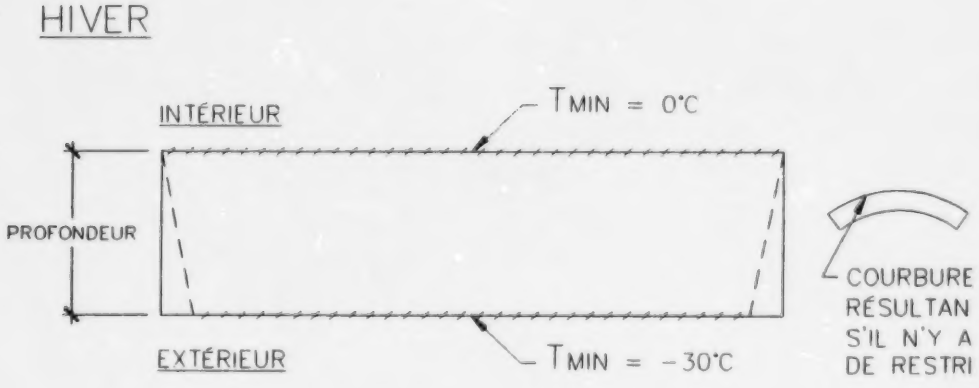
Température finale (T_f)

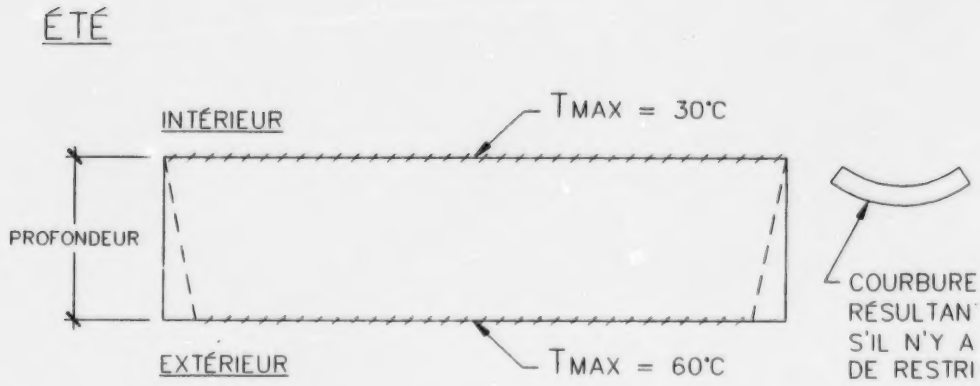
La température finale moyenne du dormant d'une fenêtre dépend de plusieurs variables dont les plus importantes sont: la saison, l'heure de la journée, la localité, la distribution de température à travers l'épaisseur du dormant et le module de rigidité des éléments qui composent le dormant.

Le schéma de la page suivante illustre les températures minimales et maximales des surfaces exposées du dormant d'une fenêtre pour la plupart des localités canadiennes.



L'analyse des températures de surface minimales et maximales du dormant permet de constater que dans les conditions d'exploitation extrêmes, le dormant d'une fenêtre est soumis à un gradient de température. Ce gradient de température entre les surfaces extérieures et intérieures a pour effet de limiter l'allongement (ou la contraction) du dormant et d'introduire une contrainte de flexion. Le schéma ci-dessous permet de visualiser ce phénomène pour une distribution linéaire de la température à travers la profondeur de la membrure à l'étude.





Dans le cas du dormant d'une fenêtre, il est primordial de maintenir la rectitude des membrures pour assurer le maintien des qualités du produit global (facilité de fonctionnement, étanchéité à l'air, résistance à la pénétration d'eau, ...). Lorsque la membrure à l'étude est rectiligne, l'allongement (ou la contraction) de celle-ci dépendra de plusieurs facteurs dont les plus importants sont:

- la distribution de température dans la membrure;
- la géométrie du profil;
- la nature du (ou des) matériau(x) qui compose(nt) ce profil (module d'élasticité (E), coefficient de dilatation thermique linéaire (α));
- la solidarité ou non-solidarité entre les élément du profil global.

Dans le but de simplifier le calcul de l'allongement (ou la contraction) du dormant, les hypothèses suivantes sont requises:

- la distribution de température est linéaire;
- le profil du dormant est uniforme;
- le dormant comporte un seul matériau;
- tous les éléments du dormant sont solidaires.

En prenant pour acquis les hypothèses précédentes, la température finale de calcul devient égale à la moyenne de température

entre les surfaces intérieures et extérieures:
Donc:

$$T_f\,(max) = 45°C$$

$$T_f\,(min) = -15°C$$

Variation de température ($T_f - T_i$)

En période estivale, la variation de température devient donc égale à + 25°C (45°C - 20°C), alors qu'en période hivernale la variation de température serait de -35°C (-15°C - 20°C).

Le calcul révèle donc, qu'au Canada, la variation de température hivernale est plus grande que la variation de température estivale.

Étant donné que les mastics sont habituellement classifiés selon le pourcentage d'extension et de compression du joint (E_{max}) sans qu'il y ait défaillance de celui-ci, nous devrons donc retenir la variation de température la plus limitative, soit -35°C. Cette condition d'exploitation correspond à une contraction des membrures du dormant ou à une diminution de la distance du point à l'étude par rapport au point de référence "R", d'où un allongement maximal du mastic assurant la liaison dormant versus gros œuvre.

C) VARIATION DIMENSIONNELLE MAXIMALE DU DORMANT D'UNE FENÊTRE

Pour toutes les menuiseries (PVC, alu, bois, ...), la variation dimensionnelle maximale du dormant d'une fenêtre correspond à celle du point "C" (le point le plus éloigné par rapport au point de référence "R") en période hivernale.

L'amplitude ou l'intensité maximale de la contraction du dormant ou de l'allongement du mastic sera donnée par la relation suivante:

$$\Delta L_{max} = \alpha \; L_c \; \Delta T_{max}$$

où: ΔL_{max} = Intensité maximale de la contraction du dormant (mm)

α = Coefficient de dilatation thermique linéaire de la menuiserie à l'étude (mm/mm/°C)

L_c = Distance du point le plus éloigné par rapport au point de référence (mm)

ΔT_{max} = Variation de température maximale du dormant = -35°C

Le tableau ci-dessous donne l'intensité maximale de la contraction du dormant (point "C") en fonction de la menuiserie à l'étude et de la distance entre le point "c" et le point "R".

MENUISERIE	COEFFICIENT "α"	VARIATION DIMENSIONNELLE MAX. (mm) DISTANCE DU POINT À L'ÉTUDE PAR RAPPORT AU POINT "R" (mm)					
	mm/mm/°C	500	1000	1500	2000	2500	3000
Bois	3.8×10^{-6}	0.06	0.13	0.20	0.26	0.33	0.40
Aluminium	23.2×10^{-6}	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4
PVC	40×10^{-6}	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2
	60×10^{-6}	1.05	2.1	3.15	4.2	5.25	6.3
	80×10^{-6}	1.4	2.8	4.2	5.6	7.0	8.4
Fibre de verre	5.4×10^{-6}	0.09	0.19	0.28	0.38	0.47	0.56

3.0 APPLICATION

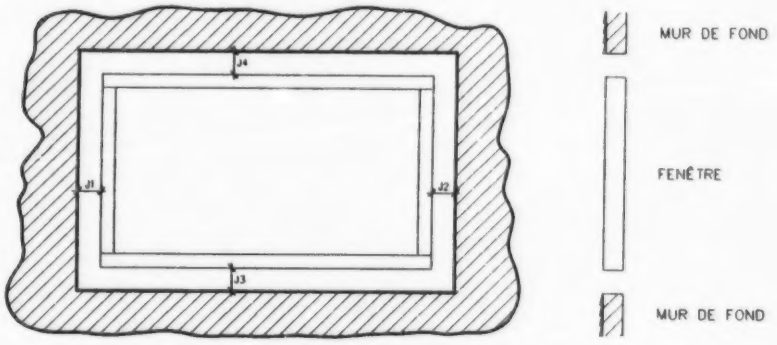
DIMENSIONNEMENT DU JOINT PÉRIPHÉRIQUE ENTRE UNE FENÊTRE ET LE GROS ŒUVRE - APPLICATIONS

CAS NO. 1

- Localité: Montréal
- La fenêtre:
  - Fenêtre coulissante
  - Dimensions: 1000 mm (h) x 1600 mm (l)
  - Menuiserie du dormant:
    Tous les matériaux de base, soient: Bois, aluminium, PVC, fibre de verre.
- Le bâtiment:
  - Ossature de bois
  - Parement de clin (aluminium ou PVC)
  - Construction neuve
- Position de la fenêtre:
  - Rez-de-chaussée

On demande:

Déterminer la largeur du joint périphérique entre la fenêtre et le gros œuvre, le tout en fonction des caractéristiques du mastic de liaison.

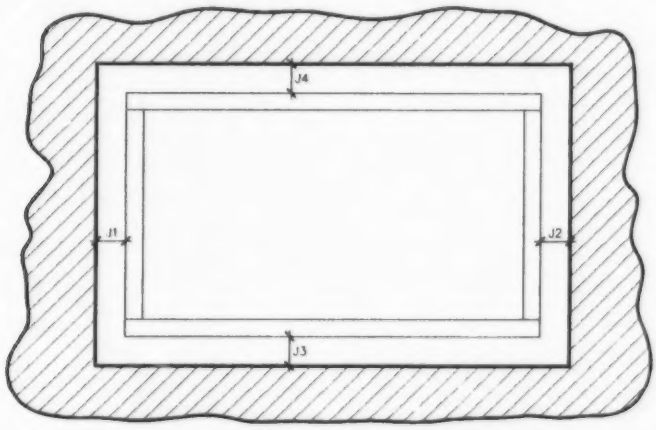


Solution:

a) **Exigences de la norme A440.4**

L'article 6.4.2.2 donne la largeur minimale et maximale du joint périphérique entre la fenêtre et le gros œuvre.

Le schéma ci-dessous illustre les dimensions spécifiées par la norme.



J_1 et J_2: Min. = 9.4 mm (3/8")
Max. = 19 mm (3/4"
L'écart entre J_1 et J_2 doit être plus petit ou égal à 3 mm (1/8").

$$| J_1 - J_2 | \leq 3 \text{ mm } (1/8")$$

J_3 et J_4: Min. = 12.5 mm (1/2")
Max. = 22 mm (7/8")
Aucune limitation pour l'écart entre J_3 et J_4.

Commentaire:

Les valeurs de J_1, J_2, J_3 et J_4 dictées par la norme sont là pour définir l'acceptabilité esthétique de l'ouvrage. Il appartient au concepteur de définir tous ces joints en fonction de la capacité de mouvement du mastic sélectionné (E_{max}) et pour conserver la pérennité de l'ouvrage (étanchéité à l'air, etc...).

b) **<u>Tolérances de fabrication de la fenêtre, d'installation et de construction du gros œuvre.</u>**

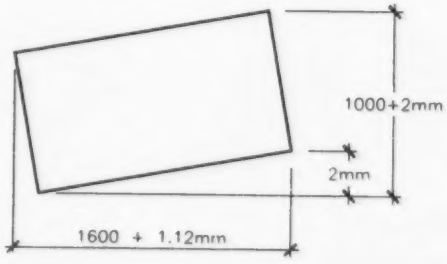
- Tolérances de fabrication de la fenêtre (articles 4.2.6 de la norme A440.4).

  Hauteur = 1000 ± 1.6 mm

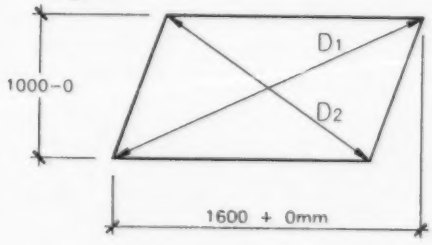
  Largeur = 1600 ± 1.6 mm

- Tolérances d'installation de la fenêtre (article 6.4.1 de la norme A440.4).

  – Écart de niveau



  – Équerre



PÉRIMÈTRE > 4m
$D_1 - D_2 \leq 3$mm

- Tolérances de construction du gros œuvre

  Les tolérances de construction du gros œuvre sont habituellement plus grandes. Dans le cas présent, nous considérons:

  Hauteur de l'ouverture = 1000 ± 6 mm

  Largeur de l'ouverture = 1600 ± 6 mm

❖ Combinaison aléatoire de l'ensemble des tolérances

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2\ T_3^2 + ___ + T_i^2}$$

La tolérance horizontale devient:

$$T_H = \sqrt{1.6^2 + 1.12^2 + 0^2 + 6^2} = 6.3\ mm$$

La tolérance verticale devient:

$$T_V = \sqrt{1.6^2 + 2^2 + 0^2 + 6^2} = 6.5\ mm$$

Conclusions:

- La tolérance de construction du gros œuvre est la plus importante.
- Avant le tenir compte des variations dimensionnelles des différents composants, on doit prévoir que l'ouverture soit ≈ 6 mm plus grande que chacune des dimensions spécifiées, ceci dans le but d'être capable d'insérer le dormant dans l'ouverture. Ce surdimensionnement de l'ouverture par rapport au dormant tient compte uniquement des tolérances qui permettront l'insertion du dormant de la fenêtre sans qu'il y ait de jeu périphérique additionnel pour permettre les variations dimensionnelles.
- Dans le cas où la fenêtre est fabriquée avec les dimensions spécifiées avec une installation idéale et que les dimensions de l'ouverture seraient tel que spécifiées, le jeu périphérique uniforme sur chacun des arêtes sera de 3 mm.

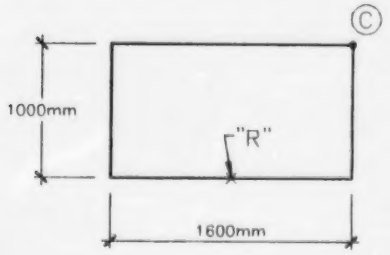
c) Calcul des variations dimensionnelles du dormant de la fenêtre

Remarque: Tel que démontré précédemment, la variation dimensionnelle de l'ouverture dans le gros œuvre est négligeable.

❖ Définition du point de référence

Dans le but de minimiser les mouvements différentiels du dormant par rapport au gros œuvre, le point de référence "R" est localisé au centre du seuil.

❖ Calcul de l'intensité maximale de la variation dimensionnelle.



$$\Delta L = \alpha \quad L \quad \Delta T$$

où: $\Delta T_{max} = -35^{\circ}C$ *(hiver)*

$L_{max} = Lc = \sqrt{800^2 + 1000^2} = 1280\ mm$

α = Coefficient de dilatation thermique lin/aire (mm/mm-°C).

$\Delta L = \alpha\ x\ (-44800)$

Bois (pin)	$\alpha = 3.8 \times 10^{-6}$ mm/mm/°C	$\Delta L_{BOIS} = -0.17$ mm
Aluminium	$\alpha = 23.2 \times 10^{-6}$ mm/mm/°C	$\Delta L_{ALU} = -1.04$ mm
PVC	$\alpha = 60 \times 10^{-6}$ mm/mm/°C	$\Delta L_{PVC} = -2.69$ mm
Fibre de verre	$\alpha = 5.4 \times 10^{-6}$ mm/mm/°C	$\Delta L_{FV} = -0.24$ mm

d) <u>Calcul de la largeur du joint périphérique requis au point "C"</u>

La largeur minimale du joint est donnée par l'expression suivante:

$$J = \frac{|\Delta L|}{E_{MAX}}\ x\ 100 + \frac{T}{2}$$

où: J = Largeur du joint (mm)

$|\Delta L|$ = Valeur absolue de la variation dimensionnelle (mm)

E_{MAX} = Capacité de mouvement du mastic (%)

T = Tolérance globale (mm)

i) J_{BOIS} en fonction de la capacité de mouvement du mastic

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC (E_{MAX})	LARGEUR DU JOINT REQUIS
%	mm
50	3.34
40	3.42
30	3.57
20	3.85
10	4.70

La norme A440.4: J_1 et J_2min = 9.5 mm
J_3 et J_4min = 12.5 mm

Conclusions:

- Quelque soit la nature du mastic, la norme A440.4 exige des joints dont la largeur est beaucoup plus grande que la valeur calculée.
- L'installateur pourra donc utiliser un mastic dont la capacité de mouvement est petite (exemple: 10%) sans excéder la limite de rupture (adhésion ou cohésion).
- Les dimensions spécifiées pour l'ouverture seront:
  Largeur = 1619 mm
  Hauteur = 1025 mm

ii) J_{ALU} en fonction de la capacité de mouvement du mastic

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC (E_{MAX})	LARGEUR DU JOINT REQUIS
%	mm
50	5.1
40	5.6
30	6.5
20	8.2
10	13.4

La norme A440.4: J_1 et J_2min = 9.5 mm
J_3 et J_4min = 12.5 mm

Conclusions:

- En utilisant un mastic dont la capacité de mouvement est la 10%, la largeur de tous les joints (J_1 à J_4) pourrait être égale à 15 mm.
- Pour la présente application, il n'y a pas d'intérêt à utiliser un mastic dont la valeur E_{max} est supérieure à 10%.
- Les dimensions spécifiées pour l'ouverture seront:
  Largeur = 1630 mm
  Hauteur = 1030 mm

iii) J_{PVC} en fonction de la capacité de mouvement du mastic

La formulation chimique du PVC peut varier, d'où la possibilité d'obtenir un coefficient de dilatation thermique linéaire (α) s'échelonnant de 40 x 10^{-6} mm/mm/°C à 80 x 10^{-6} mm/mm/°C.

Le tableau ci-dessous donne la largeur du joint requis pour un PVC dont le coefficient α est égal à 60×10^{-6} mm/mm/°C.

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC (E_{MAX})	LARGEUR DU JOINT REQUIS
%	mm
50	8.4
40	9.7
30	12.0
20	16.5
10	29.9

La norme A440.4: J_1 et J_2min = 9.5 mm
J_3 et J_4min = 12.5 mm

Conclusions:

- Pour un mastic avec E_{max} = 10%, la largeur du joint requis (29.9 mm) excède le jeu maximal permis par la norme (22 mm). Ce type de mastic ne pourra donc pas être utilisé.
- Pour un mastic avec E_{max} = 20%, la largeur du joint requis sur chaque arête sera de 16.5 mm. Dans ce cas, les dimensions spécifiées pour l'ouverture seront: largeur = 1633 mm, hauteur = 1033 mm.
- Pour un mastic avec E_{max} = 30%, la largeur du joint requis sur chaque arête sera de 12.5mm. Dans ce cas, les dimensions spécifiées pour l'ouverture seront: largeur = 1625 mm hauteur = 1025 mm.
- En utilisant un mastic avec E_{max} = 40%, la largeur du joint adjacent avec deux montants pourra être réduite à 10 mm ($\approx$ 9.7 mm), alors que la largeur du joint au seuil et à la tête sera maintenue à 12.5 mm. Dans ce cas, les dimensions spécifiées pour l'ouverture seront: largeur = 1620 mm, hauteur = 1025 mm.

- Pour la présente application, il n'y a pas d'intérêt à utiliser un mastic dont la valeur $E_{max.}$ est supérieure à 40% (à moins de vouloir se situer du côté sécuritaire).

iv) J_{FV} en fonction de la capacité de mouvement du mastic

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC (E_{MAX})	LARGEUR DU JOINT REQUIS
%	mm
50	3.5
40	3.6
30	3.8
20	4.2
10	5.4

Conclusions:

- La largeur minimale du joint requis indiqué dans le tableau ci-dessus est semblable à celle trouvée pour une menuiserie bois.
- Les conclusions de la menuiserie bois s'appliquent intégralement.

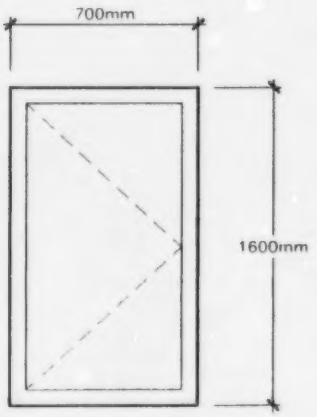
d) Analyse des résultats

- Les calculs précédents permettent de faire ressortir que la largeur du joint requis entre une fenêtre et le gros œuvre est intimement liée à la capacité de mouvement du mastic sélectionné.
- Ces calculs permettent aussi de définir les dimensions de l'ouverture requise dans le gros œuvre.
- Tous ces calculs devraient être réalisés par le manufacturier de fenêtres, le tout en fonction: de la nature des matériaux utilisés dans la fabrication du produit, de la nature du mastic et de la technique d'installation préconisée. Ainsi, lorsqu'un

manufacturier défini sa menuiserie, la valeur E_{MAX} du mastic préconisé, la largeur des joints est uniquement fonction des dimensions de la fenêtre.

CAS NO. 2

Données:



- Localité: Québec
- La fenêtre:
  - Type battant
  - Dimensions: 1600 mm (h) x 700 mm (l)
  - Menuiserie: PVC
- Le bâtiment:
  - Ossature de bois
  - Parement de brique
  - Construction neuve
- Position de la fenêtre:
  - Rez-de-chaussée

Remarque: Considérer que le bâtiment est construit selon les exigences du CNBC et que la hauteur de l'appui de fenêtre est telle qu'illustrée sur le schéma de base du bâtiment.

On demande:

- Déterminer la largeur du joint périphérique entre la fenêtre et l'ossature de bois.
- Déterminer la largeur du joint périphérique entre la fenêtre et le parement de brique.

SOLUTION

a) **Exigences de la norme A440.4**

Les exigences citées dans le cas no. 1 s'appliquent intégralement pour tout ce qui concerne la largeur des joints entre la fenêtre et l'ossature de bois.

En plus, étant donné qu'il s'agit d'un parement de brique, la largeur du joint entre ce parement et la fenêtre doit respecter les exigences de l'article 6.4.2.2.

J_{1b} et J_{2b}	Min. = 6 mm
	Max. = 12 mm
J_{3b}	Min. = 9.5 mm
	Max. = 25 mm

b) **Tolérances de fabrication de la fenêtre, d'installation et de construction du gros œuvre**

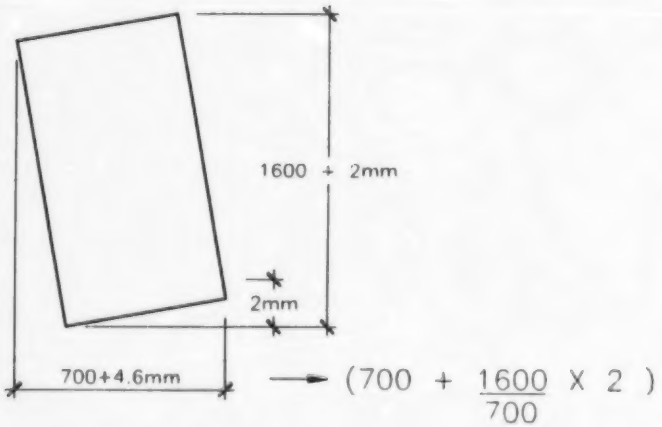
- Tolérances de fabrication de la fenêtre (articles 4.2.6 de la norme A440.4).

  Hauteur = 1600 ± 1.6 mm

  Largeur = 700 ± 1.6 mm

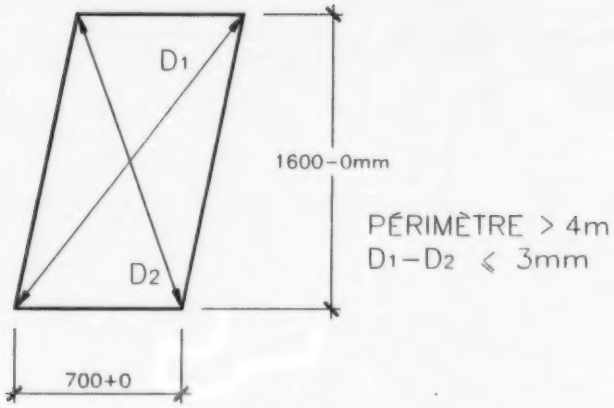
- Tolérances d'installation de la fenêtre (article 6.4.1 de la norme A440.4).

  – Écart de niveau



$$\longrightarrow \left(700 + \frac{1600}{700} \times 2\right)$$

- Équerre



❖ Tolérances de construction du gros œuvre

Hauteur de l'ouverture = ± 6 mm
Largeur de l'ouverture = ± 6 mm

❖ Combinaison aléatoire de l'ensemble des tolérances

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + ___ + T_i^2}$$

La tolérance horizontale devient:

$$T_H = \sqrt{1.6^2 + 4.6^2 + 0^2 + 6^2} = 7.7\ mm$$

La tolérance verticale devient:

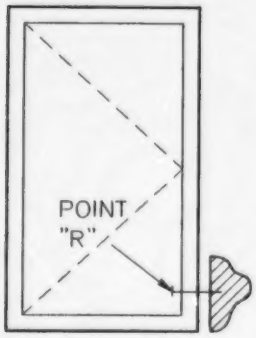
$$T_v = \sqrt{1.6^2 + 2^2 + 0^2 + 6^2} = 6.5\ mm$$

c) <u>Dimensionnement de la largeur du joint entre la fenêtre et l'ossature de bois</u>

i) <u>Calcul des variations dimensionnelles du dormant de la fenêtre</u>

❖ Définition du point de référence "R"

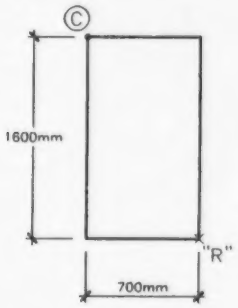
Dans le but d'assurer la rectitude du montant du dormant adjacent l'axe de rotation, il est primordial de positionner le point de référence à la base de ce montant.



La fixation ou l'ancrage placé à cet endroit doit empêcher tout mouvement relatif (x, y, z) de ce point par rapport à l'ossature de bois.

L'emploi d'ancrage du type lamelle métallique à cet endroit devrait être proscrit.

- Calcul de l'intensité maximale de la variation dimensionnelle.



$$\Delta L = \alpha \quad L \quad \Delta T$$

où: $\Delta T_{max} = -35^{\circ}C \quad (hiver)$

$$L_{max} = Lc = \sqrt{(700^2) + (1600^2)} = 1746\ mm$$

$$\alpha_{PVC} = 60 \times 10^{-6}\ mm/mm/^{0}C$$

$$\Delta L_{MAX} = 60 \times 10^{-6} \times 1746 \times (-35)$$

$$\Delta L_{MAX} = -3.7\ mm$$

ii) <u>Calcul de la largeur du joint périphérique requis au point "C"</u>

La largeur minimale du joint est donnée par l'expression suivante:

$$J = \frac{|\Delta L|}{E_{MAX}} \times 100 + \frac{T}{2}$$

où:

$|\Delta L|$ = 3.7 mm

T = 7.7 mm

E_{MAX} = Capacité de mouvement du mastic (%)

Le tableau ci-dessous donne la largeur du joint requis en fonction de la capacité de mouvement du mastic.

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC (E_{MAX})	LARGEUR DU JOINT REQUIS
%	mm
50	11.3
40	13.1
30	16.2
20	22.3
10	40.9

La norme A440.4: J_1 et J_2min = 9.5 mm
J_1 et J_2max = 19 mm
J_3 et J_4min = 12.5 mm
J_3 et J_4max = 22 mm

Conclusions:

- Si E_{max} = 50%, la largeur minimale des joints J_1 et J_2 sera égale à 11.3 mm, alors que J_3 et J_4 sera égale à 12.5 mm.

  Pour une largeur uniforme du joint périphérique, le choix sera J = 12.5 mm.
- Si E_{max} = 40%, la largeur minimale des joints J_1 et J_2, J_3 et J_4 sera égale à 13.1 mm.
- Si E_{max} = 30%, la largeur minimale des joints J_1 et J_2, J_3 et J_4 sera égale à 16.2 mm.
- Les mastics dont la valeur E_{max} est inférieure à 20% ne pourront être utilisés.

d) **Dimensionnement de la largeur du joint entre la fenêtre et le parement de brique**

En plus de tenir compte des variations dimensionnelles de la fenêtre, il faudra ajouter le mouvement relatif de l'ossature de bois par rapport au parement de brique.

i) Variation dimensionnelle de la fenêtre par rapport à l'ossature de bois

$$\Delta L_Y = 60 \; x \; 10^{-6} \; x \; 1600 \; x \; (-35) = -3.36 \; mm$$
$$\Delta L_X = 60 \; x \; 10^{-6} \; x \; 700 \; x \; (-35) = -1.47 \; mm$$

ii) Mouvement relatif de l'appui de fenêtre par rapport au parement de brique

Le tableau 7 donne le mouvement différentiel de l'appui d'une fenêtre installée au RdC par rapport au parement de brique.

$$\Delta L_Y = -7.51 \; mm$$

iii) Variation dimensionnelle du joint au point "C"

$$\Delta L_Y = -3.36 - 7.51 = +10.87 \; mm$$
$$\Delta L_X = +1.47 \; mm$$
$$\Delta L_{TOTAL} = \sqrt{\Delta L_X^2 + \Delta L_Y^2} = \sqrt{10.87^2 + 1.47^2} = 11 \; mm$$

iv) Calcul de la largeur du joint périphérique requis au point "C"

$$J = \frac{|\Delta L|}{E_{MAX}} \; x \; 100 + \frac{T}{2}$$

où:

$|\Delta L|$ = 11 mm
T = 7.7 mm
E_{max} = Capacité de mouvement du mastic (%)

Le tableau ci-dessous donne la largeur minimale du joint en fonction de E_{max}.

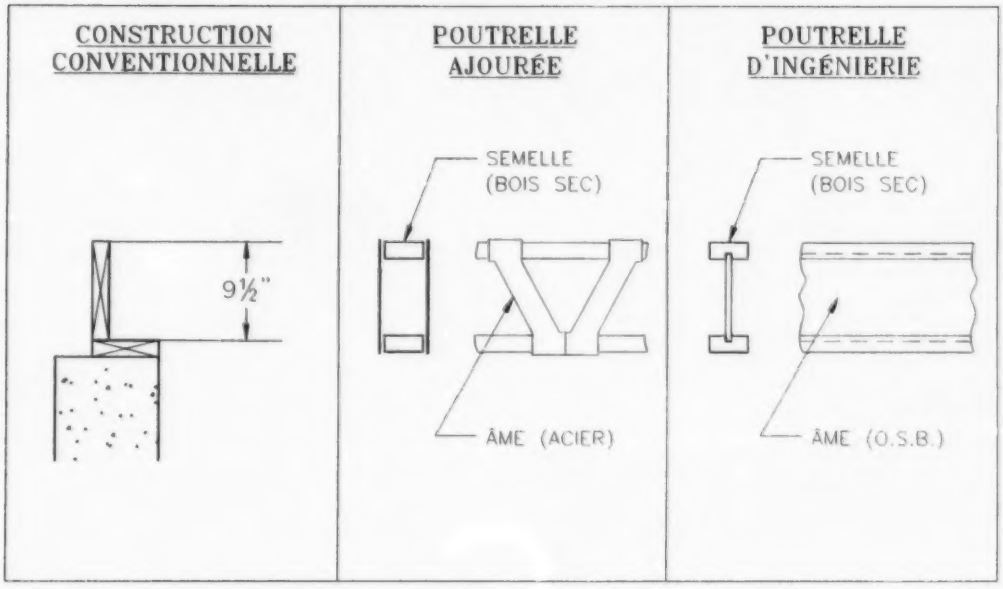
CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC	LARGEUR DU JOINT REQUIS
%	mm
50	25.85
40	31.35
30	40.5
20	59
10	114

Conclusions:

- La largeur minimale du joint de mastic requis (E_{max} = 50%) excède la valeur maximale permise par la norme A440.4 (i.e. 25 mm). Dans un tel cas la norme suggère l'utilisation d'une autre technique pour permettre de former un écran à la pluie (voir 6.4.2.2 e).
- La meilleure façon de réduire la largeur du joint serait de minimiser le retrait vertical de l'ossature de bois en utilisant du bois sec et/ou des poutrelles ajourées.

POUTRELLE AJOURÉE, BOIS D'INGÉNIERIE, ETC.

Le remplacement des composants conventionnels de construction des planchers (2" x 10", 2" x 12", etc...) par un système de poutrelle ajourée (Spacejoist, etc...) ou, par des poutrelles manufacturées à partir d'une âme en panneaux de copeaux orientés de grade structural à haute performance (O.S.B.) et avec des semelles de bois séchées, peut réduire de façon drastique les variations dimensionnelles de l'ossature de bois.



En effet, les composants de ces systèmes sont secs et/ou non sujet à des variations dimensionnelles dues à la teneur en eau. Le tableau suivant donne la contraction de l'ossature de bois en considérant que les poutrelles de planchers sont stables.

TABLEAU: CONTRACTION DE L'OSSATURE DE BOIS EN UTILISANT DES POUTRELLES AJOURÉES POUR LA CONSTRUCTION DES PLANCHERS.

Teneur en eau initiale (TE_i) = 19%
Teneur en eau finale (TE_f) = 6%

LOCALISATION DE L'APPUI DE FENÊTRE	RETRAIT POTENTIEL					
	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL		TOTAL	
	po.	mm	po.	mm	po.	mm
1	0.08	2.04	0.014	0.35	0.094	2.39
2	0.19	4.9	0.054	1.37	0.244	6.27
3	0.31	7.78	0.093	2.36	0.403	10.14

Le tableau suivant permet de comparer le retrait potentiel de l'ossature de bois avec ou sans poutrelle ajourée.

LOCALISATION DE L'APPUI DE FENÊTRE	RETRAIT POTENTIEL TOTAL				
	PLANCHER CONVENTIONNEL		PLANCHER AVEC POUTRELLE AJOU.		POUTRELLE AJOU. VERSUS CONVENTIONNEL
	po.	mm	po.	mm	%
1	0.274	7.15	0.094	2.39	33.4
2	0.614	15.57	0.244	6.27	40.3
3	0.953	24.16	0.403	10.14	41.9

Conclusions:

- L'utilisation des poutrelles ajourées (ou système similaire) permet de réduire le retrait potentiel d'une manière drastique (60 à 70%).
- Contrairement au système de construction conventionnelle qui devrait être limité à deux étages pour obtenir des joints esthétiquement convenable, l'utilisation des poutrelles ajourées permettra de construire des bâtiments de 4 étages avec parement de brique.

CAS NO. 3:

Données:

A l'exception du fait qu'il s'agisse d'un remplacement de fenêtre (construction datant de 15 ans), toutes les autres données sont identiques.

On demande:

- Déterminer la largeur du joint périphérique entre la fenêtre et l'ossature de bois.
- Déterminer la largeur du joint périphérique entre la fenêtre et le parement de brique.

SOLUTION:

a) **Exigences de la norme A440.4**

Les exigences sont identiques aux cas no. 1 et 2.

Mur de fond:	J_1 et J_2:	Min. =	9.5 mm
		Max. =	19 mm
	$\lvert J_1 - J_2 \rvert \leq 3$ mm		
	J_3 et J_4:	Min. =	12.5 mm
		Max. =	22 mm
Parement de brique:	J_{1b} et J_{2b}:	Min. =	6 mm
		Max. =	12 mm
	J_{3b} :	Min. =	9.5 mm
		Max. =	25 mm

b) **<u>Tolérances de fabrication de la fenêtre, d'installation et de construction du gros œuvre</u>.**

❖ Fabrication de la fenêtre.

Remarque: Les dimensions spécifiques de la fenêtre sont inconnues à ce stade.

Hauteur = ± 1.6 mm

Largeur = ± 1.6 mm

❖ Installation de la fenêtre

– Écart de niveau

Variation suivant la hauteur = + 2 mm

Variation suivant la largeur = + 4.6 mm

– Équerre

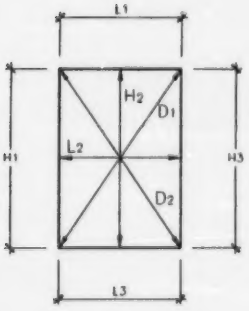
Variation ≈ 0

❖ Construction du gros œuvre

Étant donné que l'ouverture est existante, l'installateur doit mesurer toutes les dimensions d'intérêts pour s'assurer que la nouvelle fenêtre puisse être insérée dans l'ouverture.

Les dimensions d'intérêts sont illustrées ci-dessous:

Retenir:



– La valeur minimale de H_1, H_2 ou H_3: soit, $H_{min} = 162$

– La valeur minimale de L_1, L_2 ou L_3: soit $L_{min} = 703$

– La différence entre D_1 et D_2:

Si: $|D_1 - D_2| \leq 3$ mm

Aucune modification de H_{min} et L_{min}

Si: $3 \text{ mm} < |D_1 - D_2| \leq 6 \text{ mm}$

Soustraire de 3 mm les valeurs de H_{min} et L_{min}.

Si: $6 \text{ mm} < |D_1 - D_2| \leq 12 \text{ mm}$

Soustraire de 6 mm les valeurs de H_{min} et L_{min}.

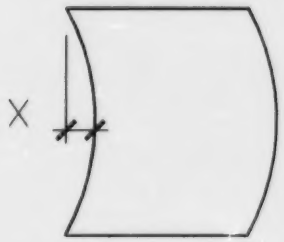
Soit, $|D_1 - D_2| = 4 \text{ mm}$

H_{min} devient = 1616 mm

L_{min} devient = 702 mm

– Vérifier la rectitude des membrures.

Dans certains cas, il pourrait y avoir courbure parallèle des montants (voir schéma).



Pour ce cas spécifique, soustraire la distance "X" de la largeur minimale mesurée

En considérant qu'il n'y a pas de courbure de montants, les dimensions de l'ouverture deviennent:

H_{min} devient = 1616 mm

L_{min} devient = 702 mm

À partir de ces mesures, les tolérances à considérer dépendront du soin avec lequel les mesures ont été prises et de la précision du ruban utilisé.

Considérons:

$H_{min} = 1616 \pm 3 \text{ mm}$

$L_{min} = 702 \pm 3 \text{ mm}$

- Combinaison aléatoire de l'ensemble des tolérances

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + ___ + T_i^2}$$

La tolérance horizontale devient:

$$T_H = \sqrt{1.6^2 + 4.6^2 + 3^2} = 5.7\ mm$$

La tolérance verticale devient:

$$T_V = \sqrt{1.6^2 + 2^2 + 3^2} = 3.9\ mm$$

c) <u>Dimensionnement de la largeur du joint entre la fenêtre et l'ossature de bois</u>.

i) <u>Calcul des variations dimensionnelles du dormant de la fenêtre</u>

Bien que les dimensions réelles de la fenêtre puissent être légèrement différentes que 700 mm x 1600 mm, celles-ci sont utilisées pour les fins de calculs.

$$\Delta L_{MAX} = -3.7\ mm$$

ii) <u>Calcul de la largeur du joint périphérique requis au point "C"</u>

$$J = \frac{|\Delta L|}{E_{MAX}} x\, 100 + \frac{T}{2}$$

où:

$|\Delta L|$ = 3.7 mm
T = 5.7 mm
E_{MAX} = Capacité de mouvement du mastic (%)

Le tableau ci-dessous donne la largeur du joint requis en fonction de la capacité de mouvement du mastic.

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC	LARGEUR DU JOINT REQUIS
%	mm
50	10.3
40	12.1
30	15.2
20	21.3
10	39.9

Pour se conformer aux exigences de la norme A440.4, la largeur du joint en fonction de E_{max} devient:

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC	LARGEUR DU JOINT DE MASTIC	
	J_1 ET J_2	J_3 ET J_4
%	mm	mm
50	10.3	12.5
40	12.1	12.5
30	15.2	15.2
20	NA	NA
10	NA	NA

Ce tableau permet de faire ressortir que: seuls les mastics dont la capacité de mouvement est égale ou supérieure à 30% pourront être utilisés.

Le tableau suivant donne les dimensions de la fenêtre spécifiée en fonction de la nature du mastic.

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC	DIMENSIONS DE LA FENÊTRE	
	LARGEUR	HAUTEUR
%	mm	mm
50	681	1591
40	678	1591
30	672	1586

d) **Dimensionnement de la largeur du joint entre la fenêtre et le parement de brique**

Étant donné qu'après plusieurs années l'ossature de bois devient beaucoup plus stable par rapport au parement au brique, les mouvements différentiels sont considérés négligeables.

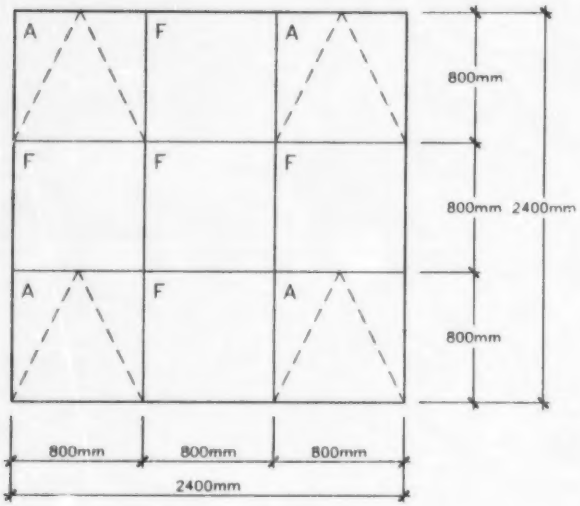
La largeur du joint de mastic entre la fenêtre et le parement de brique sera donc égale à celle trouvée précédemment.

CAS NO. 4:

Données:

- Localité: Montréal
- La fenêtre:
  - Assemblage de plusieurs fenêtres (fixes + auvents) à l'intérieur d'un même dormant (fenêtre composée).

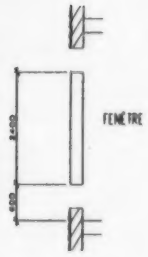
- Dimensions et géométrie de la fenêtre composée.



- Menuiserie: Aluminium avec coupure thermique.

– Le bâtiment:

- Structure de béton
- Mur de fond: Ossature métallique avec isolation thermique du côté extérieur.
- Parement: Brique avec cornière de support à chaque plancher.



– Position de la fenêtre

- Identique pour tous les étages

On demande:

- Déterminer la largeur du joint périphérique entre la fenêtre et le mur de fond (ossature métallique).
- Déterminer la largeur du joint périphérique entre la fenêtre et le parement de brique.

SOLUTION

a) Exigences de la norme A440.4

Bien que la norme A440.4 ait été rédigé pour les petits bâtiments résidentiels, celle-ci peut aussi être utilisée pour la conception de tout autre bâtiment jusqu'à ce qu'il y ait une norme spécifique pour les bâtiments de grande hauteur.

La largeur des joints requis devra donc respecter les exigences de l'article 6.4.2.2, soient:

Mur de fond: J_1 et J_2: Min. = 9.5 mm
Max. = 19 mm

$$| J_1 - J_2 | \leq 3 \text{ mm}$$

J_3 et J_4: Min. = 12.5 mm
Max. = 22 mm

Parement de brique: J_{1b} et J_{2b}: Min. = 6 mm
Max. = 12 mm

J_{3b} et J_{4b}: Min. = 9.5 mm
Max. = 25 mm

b) **<u>Tolérances de fabrication de la fenêtre, d'installation et de construction du gros œuvre</u>**

- Tolérances de fabrication de la fenêtre (article 4.2.6 de la norme A440.4).

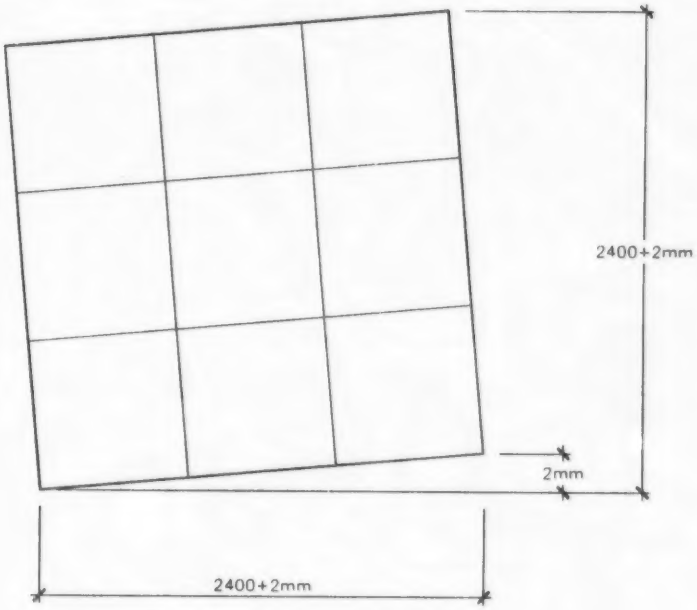
  H et L > 1830 mm

  Hauteur = 2400 ± 3.2 mm

  Largeur = 2400 ± 3.2 mm

- Tolérances d'installation de la fenêtre (article 6.4.1.2 de la norme A440.4).

  – Écart de niveau



  – Équerre $T \approx 0$

- Tolérances de construction du gros œuvre

Hauteur de l'ouverture = ± 6 mm
Largeur de l'ouverture = ± 6 mm

- Combinaison aléatoire de l'ensemble des tolérances

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + ___ + T_i^2}$$

Les tolérances horizontales et verticales deviennent:

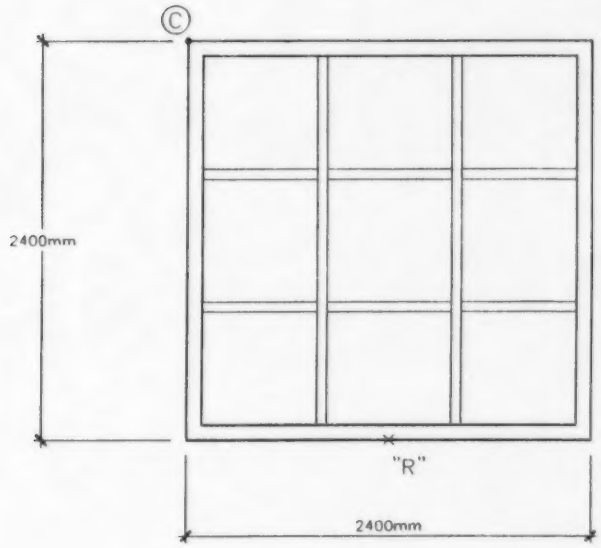
$$T_H = T_V = \sqrt{3.2^2 + 2^2 + 0 + 6^2} = 7.1\ mm$$

c) <u>Dimensionnement de la largeur du joint entre la fenêtre et l'ossature de bois</u>

i) <u>Calcul des variations dimensionnelles du dormant de la fenêtre</u>

- Définition du point de référence "R"

Objectifs visés:
- Minimiser les variations dimensionnelles.
- Assurer la rotation des ouvrants.



- Calcul de l'intensité maximale de la variation dimensionnelle.

$$\Delta L = \alpha \quad L \quad \Delta T$$

où: $\Delta T_{max} = -35^{\circ}C \quad (hiver)$

$$L_{max} = Lc = \sqrt{(1200)^2 + (2400)^2} = 2683\ mm$$

$$\alpha_{alu} = 23.2\ x\ 10^{-6}\ mm/mm/^{0}C$$

$$\Delta L_{MAX} = 23.2\ x\ 10^{-6}\ x\ 2683\ x\ (-35)$$

$$\Delta L_{MAX} = -2.18\ mm$$

iii) Calcul de la largeur du joint de mastic requis au point "C"

$$J = \frac{|\Delta L|}{E_{MAX}}\ x\ 100 + \frac{T}{2}$$

où: $|\Delta L|$ = 2.18 mm

T = 7.1 mm

E_{MAX} = Capacité de mouvement du mastic (%)

Le tableau ci-dessous donne la largeur du joint en fonction de la capacité de mouvement du mastic.

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC	LARGEUR DU JOINT REQUIS
%	mm
50	7.9
40	9
30	10.8
20	14.5
10	25.35

La norme A440.4: J_1 et J_2min = 9.5 mm
J_1 et J_2max = 19 mm
J_3 et J_4min = 12.5 mm
J_3 et J_4max = 22 mm

Conclusions:

Le tableau ci-joint donne le largeur des joints J_1, J_2, J_3 et J_4 en fonction de la capacité de mouvement du mastic et des exigences de la norme A440.4.

CAPACITÉ DE MOUVEMENT DU MASTIC	LARGEUR DU JOINT DE MASTIC	
	J_1 ET J_2	J_3 ET J_4
%	mm	mm
50	9.5	12.5
40	9.5	12.5
30	10.8	12.2
20	14.5	14.5
10	NA	NA

- À l'exception des mastics dont le capacité de mouvement est égale ou inférieure à 10%, tous les autres mastics peuvent être utilisés.
- Les mastics dont la capacité de mouvement est égale ou supérieure à 40% n'utilisent pas à leur pleine valeur la flexibilité de ceux-ci (très sécuritaire).

d) **Dimensionnement de la largeur du joint de mastic entre la fenêtre et le parement de brique**

i) Calcul des variations dimensionnelles du parement de brique.

Les variations dimensionnelles du parement de brique sont calculées à partir de la cornière de support.

Au point "C", la variation dimensionnelle maximale s'établit comme suit:

Teneur en eau: $\Delta L = (0.02 \pm 0.01\ \%)\ L$

$\Delta L_{max} = 0.03\ \%\ L$

où: $L = 2400 + 600 = 3000$ mm

$$\Delta L_{max} = \frac{0.03}{100} x\ 3000 = 0.9\ mm$$

Remarque: Dans les cas où le maçon aurait pris soin de saturer les briques avant l'érection du parement, la variation dimensionnelle due à la teneur en eau deviendra négligeable (≈ 0).

Température: La température minimale du parement de brique durant l'hiver sera approximativement égale à la température ambiante extérieure ($\approx$ -30°C).

En considérant que la température lors de la pose se situe autour de 15°C, la variation dimensionnelle du parement au point C sera:

$\Delta L = \alpha\ L\ \Delta T$

où: $\Delta T = T_f - T_i = -30 - 15 = -45°C$

$L = 3000$ mm

$\alpha = 5.6 \times 10^{-6}$ mm/mm/°C

$\Delta L_{MAX} = 5.6\ 10^{-6} \times 3000 \times (-45°C) = -0.75$ mm

La variation dimensionnelle du parement de brique due à la teneur en eau et à la température sera donc égale à 0.15 mm. Cette quantité est donc négligeable par rapport aux autres valeurs des variations dimensionnelles.

Conclusion:

La largeur du joint périphérique entre la fenêtre et le parement sera donc égale à celle trouvée entre la fenêtre et le mur de fond (voir le tableau précédent).